

**PERANAN DINDING DAN BUKAAN DINDING
MASJID AGUNG DEMAK
TERHADAP KONDISI THERMAL
RUANG SHALAT UTAMA**

TESIS

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Persyaratan
Program Magister Teknik Arsitektur**



**Disusun Oleh :
BUDDY PRASETYO
NIM: L4B001042**

**PROGRAM PASCA SARJANA
MAGISTER TEKNIK ARSITEKTUR
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2003**

TESIS

PERANAN DINDING DAN BUKAAN DINDING MASJID AGUNG DEMAK TERHADAP KONDISI THERMAL RUANG SHALAT UTAMA

Disusun oleh:

BUDDY PRASETYO

NIM: L4B001042

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 28 Agustus 2003

Tesis ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik Bidang Ilmu Arsitektur.

Pembimbing Utama



DR. Ing. Ir. Gagoek Hardiman

Pembimbing Pendamping



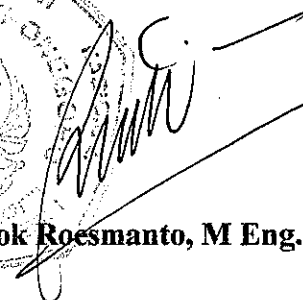
Ir. Erni Setyowati, MT

Semarang, 9 September 2003

Universitas Diponegoro

Program Pasca Sarjana

Ketua Program Studi


Ir. Totok Roesmanto, M Eng.

LPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 219/T/MTA/C1...

Tgl. : 8 Maret 2004



UNIVERSITAS DIPONEGORO

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan ke hadiratan Allah Subhanahu Wata'ala karena atas ridha, rahmat, kehendak dan ijin-Nya peneliti dapat menyelesaikan Tesis pada alur "Teori dan Perancangan Teknologi Bangunan Tropis" Program Pasca Sarjana Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro tahun akademik 2003 dengan judul:

**'Peranan Dinding dan Bukaannya Dinding Masjid Agung Demak
Terhadap Kondisi Thermal Ruang Shalat Utama'**

Tesis ini disusun dengan arahan dan masukan dari para pembimbing serta dari berbagai materi kepustakaan. Disamping itu juga karena masukan dan bantuan langsung dan tidak langsung dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti haturkan penghargaan dan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. DR. Ing. Ir. Gagoek Hardiman, selaku Dosen Pembimbing.
2. Ir. Erni Setyowati, MT, selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
3. DR. Ir. Eddy Prianto, CES, DEA, selaku Dosen Penguji.
4. Ir. Totok Roesmanto, M.Eng., selaku Ketua Program Pasca Sarjana Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro.
5. Ir. Eddy Darmawan, M.Eng., selaku Sekretaris Program Pasca Sarjana Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro.
6. Seluruh dosen Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu, yang telah memberikan ilmu dan membuka wawasan peneliti.
7. Mama dan Papa tercinta, yang senantiasa memberikan cinta, doa dan dukungannya.
8. Keluarga Wisnu Nugroho Adi.
9. Mbah Yayin, selaku Ketua Ta'mir Masjid Agung Demak.
10. Bapak Imam Sunanto, selaku pengurus Ta'mir Masjid Agung Demak

11. Bapak Abdul Fatah, selaku pengurus Ta'mir Masjid Agung Demak
12. Ir. H Mulyati, MT, selaku Ketua Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik UNS.
13. Ir. B. Heru Santoso, M.App. Sc., selaku Ketua Lab. Sains Bangunan UNS.
14. Ir. Amin Sumadyo, ST, MT, selaku Wakil Ketua Lab. Sains Bangunan UNS.
15. Diah Endang Netty Astuti Rahayu, atas cinta, doa, dan dukungannya pada saat-saat sulit.
16. Keluarga Bambang Hargono.
17. Previari Umi Pramesti.
18. Keluarga Witjaksono Imam Sulistyو.
19. Bapak Bambang Yuuwono, rekan seperjuangan Alur Tropis.
20. Keluarga M R Kresnawan beserta keponakan tercinta.
21. Keluarga Priyo Pratomo Budiharjo.
22. Rekan-rekan satu angkatan pada Magister Teknik Arsitektur UNDIP.
23. Mbak Tuti, mbak Eti, dan mas Moko, atas segala kemudahan dan kesabarannya dalam memberikan bantuan kepada peneliti.

Peneliti berharap Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memiliki perhatian khusus mengenai cabang ilmu yang peneliti pilih dalam penelitian ini dan dapat menambah khasanah perbendaharaan teori serta memberikan sumbangan untuk perkembangan dan perancangan bangunan.

Tesis yang telah disusun ini masih belum sempurna disebabkan oleh keterbatasan waktu dan biaya, sehingga masukan, saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak akan sangat bermanfaat bagi sempurnanya Tesis ini.

Semarang, 9 September 2003

Buddy Prasetyo, ST

ABSTRAK

Bangunan-bangunan pada daerah beriklim tropis panas-lembab, umumnya dituntut agar dapat membuat pemakai bangunan tetap dingin. Secara tradisional, bangunan harus mempunyai bukaan yang cukup besar dan konstruksi dinding dibuat setipis mungkin dan mempunyai pori-pori sehingga memungkinkan terjadinya ‘rembesan’ udara ke dalam bangunan. Tujuan dari konstruksi yang demikian adalah agar di dalam bangunan terjadi sirkulasi udara yang dan pelepasan panas cukup cepat sehingga temperatur di dalam bangunan mendekati atau sama dengan temperatur lingkungan luar.

Masjid, merupakan bangunan ibadah yang sangat banyak ditemui di Indonesia. Sebagai bangunan umum, masjid harus memenuhi beberapa syarat kenyamanan, satu diantaranya adalah kenyamanan thermal. Tercipta atau tidaknya kenyamanan thermal dapat dipengaruhi oleh disain elemen bangunan. Beberapa diantaranya adalah disain dinding dan bukaan dinding.

Masjid Agung Demak merupakan masjid tertua di Jawa, yang telah mengalami beberapa kali pemugaran. Sebagai masjid tertua di Jawa, masjid ini menjadi menarik untuk diteliti, apakah disain elemen bangunan dari masjid ini dapat menciptakan kenyamanan thermal bagi pemakainya. Yang menjadi titik berat penelitian adalah bagaimana dinding dan bukaan dinding berperan dalam mempengaruhi kondisi thermal di dalam bangunan dan seberapa besar signifikansi peranannya.

ABSTRACT

Buildings in the warm-humid climate usually aim to keep the building occupants cold. Traditionally, buildings designed to have enough openings and the wall is constructed as thin as possible and porous to provide an air leak by the wall into the building. The goals of such construction are to provide an air circulation in the building and to make quicker heat loss by the wall, this condition will make the temperature inside the building to approach (more or less) or equal to the outdoor temperature.

Masjid, is a religious building that can be found almost at every place in Indonesia's territories. As a public building, masjid have to meet several comfort requirements, one is to meet the thermal comfort requirement. Thermal comfort can be affected by many parameters and can be achieved by many tools, one of the tools is the design of building elements. Wall and wall opening are one of many tools that can be taken advantage.

Masjid Agung Demak is one of the oldest masjid in Jawa, that have experienced so many renewal programs. As one of the oldest masjid, there is an attractive question about whether the design of building elements could provide a thermal comfort condition to the building occupants. The main objective of this research is to identify the role of wall and wall opening to give effect to thermal condition of main prayer hall, and to identify how significant the role of these elements.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR DIAGRAM	xi
DAFTAR FOTO	xii
<i>GLOSSARY</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. PERUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN PENELITIAN	5
1.4. MANFAAT PENELITIAN	5
1.5. HIPOTESIS	6
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. IKLIM TROPIS	8
2.2. RESPON ALAMI BANGUNAN TERHADAP KONDISI IKLIM	10
2.2.1. Pembayangan Fasade	12
2.2.2. Ventilasi Silang	15
2.2.3. <i>Heat Storage</i> dan <i>Heat Insilation</i>	17
2.2.4. Dinding	18
2.3. KENYAMANAN THERMAL	21
2.4. KESETIMBANGAN THERMAL	28
2.5. PERPINDAHAN PANAS	29

2.5.1.	Perpindahan Panas Secara Konduksi	30
2.5.2.	Perpindahan Panas Secara Konveksi	32
2.5.3.	Perpindahan Panas Secara Radiasi	33
2.7.	TIME LAG	34
2.8.	MRT	35

BAB III	KERANGKA PENELITIAN	36
3.1.	METODE PENELITIAN	36
3.2.	VARIABEL KAJIAN	38
3.2.1.	Variabel Bebas	38
3.2.2.	Variabel Terikat	38
3.2.3.	Alatl Kontrol	39
3.3.	SKEMA KERANGKA PENELITIAN	40
3.3.1.	Latar Belakang	40
3.3.2.	Rumusan Permasalahan	40
3.3.3.	Permasalahan	41
3.3.4.	Alur Pikir Penelitian	42
3.3.5.	Uji Hipotesis Satu	43
3.3.6.	Uji Hipotesis Dua	44
3.3.7.	Uji Hipotesis Tiga	45
3.4.	LANGKAH PENELITIAN	46
3.5.	ALAT PENELITIAN	56
3.5.1.	Alat Perekam dan Alat Pengukur	56
3.5.2.	Diagram untuk Meneliti	56

BAB IV	TINJAUAN MASJID AGUNG DEMAK	60
4.1.	SEJARAH MASJID	60
4.2.	TINJAUAN UMUM OBYEK	63
4.2.1.	Sejarah Masjid Agung Demak	63
4.2.2.	Karakteristik Masjid Agung Demak	64
4.2.3.	Kajian Kusus	75

BAB V	DATA dan ANALISIS	83
5.1.	KONDISI UMUM PENGUKURAN LAPANGAN	83
5.1.1.	Kondisi Ruang Shalat Utama	83
5.1.2.	Pembayangan Fasade	84
5.1.3.	Temperatur Permukaan Dinding	84
5.1.4.	Pergerakan Udara	85
5.1.5.	Alat Ukur	85
5.2.	DATA-DATA PENGUKURAN	87
5.2.1.	Temperatur Kering (°C)	87
5.2.2.	Kelembaban Udara (%)	88
5.2.3.	Pergerakan Udara (m/ dt)	89
5.2.4.	Kecerahan Langit (%)	90
5.2.5.	Temperatur Permukaan Dinding	90
5.3.	ANALISIS	92
5.3.1.	Analisis Uji Hipotesis Satu	92

5.3.2. Analisis Uji Hipotesis Dua	97
5.3.3. Analisis Uji Hipotesis Tiga	112
BAB VI KESIMPULAN	135
BIBLIOGRAFI	139
LAMPIRAN	141
LAMPIRAN I MASJID AGUNG DEMAK	142
LAMPIRAN II DATA KLIMATOLOGI	144
LAMPIRAN III FOTO PENGUKURAN	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram <i>Comfort Zone</i>	25
Gambar 2.2. Diagram Psikometri	26
Gambar 2.3. Diagram Temperatur Efektif	27
Gambar 2.4. <i>Heat Lost</i> dan <i>Heat Gain</i> pada bangunan	29
Gambar 2.5. MRT	35
Gambar 3.1. Titik Pengukuran	48
Gambar 3.2. Titik Pengukuran Dinding	50
Gambar 3.3. Titik Pengukuran Dinding	51
Gambar 3.4. Kondisi A, Kondisi B, dan Kondisi C	56
Gambar 4.1. <i>Hipostyle</i>	62
Gambar 4.2. <i>Non-Hipostyle</i>	62
Gambar 4.3. Peta Kota Demak	66
Gambar 4.4. Peta Lingkungan	67
Gambar 4.5. Denah Komplek Masjid Agung Demak	68
Gambar 4.6. Potongan Masjid Agung Demak	74
Gambar 4.7. Potongan Dinding	78
Gambar 4.8. Denah Ruang Shalat Utama	80
Gambar 4.9. Denah Pintu dan Jendela Tipikal	81
Gambar 4.10. Pintu dan Jendela Tipikal	82
Gambar 5.1. Denah Kondisi Buka-an Pintu dan Jendela	85
Gambar 5.2. Denah Kunci: Titik Ukur 1 dan 6	93
Gambar 5.3. Denah Kunci: Dinding Utara	98
Gambar 5.4. Denah Kunci: Dinding Timur	101
Gambar 5.5. Denah Kunci: Dinding Selatan	103
Gambar 5.6. Denah Kunci: Dinding Barat	105
Gambar 5.7. Kondisi A	112
Gambar 5.8. Kondisi B	117
Gambar 5.9. Kondisi C	121

DAFTAR TABEL

Tabel 01	Standar Temperatur Efektif	23
Tabel 02	Nilai <i>Time Lag</i>	34
Tabel 03	Temperatur Kering	87
Tabel 04	Kelembaban Udara	88
Tabel 05	Pergerakan Udara	89
Tabel 06	Kecerahan Langit	90
Tabel 07	Temperatur Permukaan Dinding Utara	90
Tabel 08	Temperatur Permukaan Dinding Timur	91
Tabel 09	Temperatur Permukaan Dinding Selatan	92
Tabel 10	Temperatur Permukaan Dinding Barat	92
Tabel 11	<i>Descriptive Statistic</i>	94
Tabel 12	<i>Correlations</i>	95
Tabel 13	<i>Variables Entered/ Removes</i>	95
Tabel 14	<i>Model Summary</i>	96
Tabel 15	Anova	96
Tabel 16	<i>Coefficients</i>	96
Tabel 17	Selisih Temp. Permukaan Dinding Utara	97
Tabel 18	Selisih Temp. Permukaan Dinding Timur	100
Tabel 19	Selisih Temp. Permukaan Dinding Selatan	102
Tabel 20	Selisih Temp. Permukaan Dinding Barat	104
Tabel 21	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Utara	107
Tabel 22	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Timur	108
Tabel 23	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Selatan	108
Tabel 24	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Barat	109
Tabel 25	Kondisi Thermal A	114
Tabel 26	Kondisi Thermal A Berdasarkan Standar	117
Tabel 27	Kondisi Thermal B	118
Tabel 28	Kondisi Thermal B Berdasarkan Standar	121
Tabel 29	MRT	122
Tabel 30	Kondisi Thermal C	123
Tabel 31	Perbandingan antar Kondisi A-B-C	126
Tabel 32	Perbandingan antar Kondisi A-B-C (Koreksi)	128
Tabel 33	TE Kondisi A-B-C	129
Tabel 34	<i>Descriptive Statistics</i>	130
Tabel 35	<i>Ranks</i>	130
Tabel 36	<i>Test Statistic</i>	131

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 5.1.	Temperatur Kering	88
Diagram 5.2.	Kelembaban Udara	88
Diagram 5.3.	Pergerakan Udara	89
Diagram 5.4.	Perbandingan Temperatur Titik Ukur 1-5-6	93
Diagram 5.5.	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Utara	98
Diagram 5.6.	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Timur	100
Diagram 5.7.	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Selatan	102
Diagram 5.8.	Perbedaan Temp. Permukaan Dinding Luar-Dalam Barat	104
Diagram 5.9.	Temp. maksimal permukaan dinding	110
Diagram 5.10.	TE Kondisi A	114
Diagram 5.11.	Analisis TE Kondisi A	115
Diagram 5.12.	Analisis <i>Comfort Zone</i> Kondisi A	116
Diagram 5.13.	TE Kondisi B	118
Diagram 5.14.	Analisis TE Kondisi B	119
Diagram 5.15.	Analisis <i>Comfort Zone</i> Kondisi B	120
Diagram 5.16.	TE Kondisi C	123
Diagram 5.17.	Analisis TE Kondisi C	124
Diagram 5.18.	Analisis <i>Comfort Zone</i> Kondisi C	125
Diagram 5.19.	Perbandingan TE Kondisi A-B-C	127
Diagram 5.20.	Perbandingan TE Kondisi A-B-C (koreksi)	128

DAFTAR FOTO

Foto 01.	<i>Infra Red Thermometer</i>	58
Foto 02.	<i>Hot Wire Thermometer</i>	59
Foto 03.	<i>Humiditymeter with Thermometer</i>	59
Foto 04.	<i>Anemometer with Thermometer</i>	60
Foto 05.	Masjid Agung Demak Dilihat dari Alun-Alun (timur)	69
Foto 06.	Halaman Depan dekat Kolam Kuno	69
Foto 07.	Ruang Shalat Utama (dinding timur)	70
Foto 08.	Ruang shalat Utama (dinding barat)	70
Foto 09.	Serambi	71
Foto 10.	Serambi	71
Foto 11.	Plafond Serambi	72
Foto 12.	Dinding Serambi (Fasade Timur Bangunan)	76
Foto 13.	Koridor Selatan	77
Foto 14.	Koridor Utara	77
Foto 15.	Sudut Pertemuan Fasade Utara dan Timur	77
Foto 16.	Peneliti menggunakan <i>infra red</i> thermometer	151
Foto 17.	Peneliti menggunakan humidity meter	152

GLOSSARY

Bukaan dinding : Bagian dinding yang dapat dilalui udara dan/ atau ditembus cahaya, dapat berupa jendela atau pintu transparan, atau jendela dan pintu dalam keadaan terbuka, atau berupa lubang ventilasi.

Comfort zone : Daerah atau wilayah dalam diagram *comfort zone* (Lippsmeier, 1980) yang dinilai nyaman secara thermal. Suatu kondisi dikategorikan masuk dalam *comfort zone* hanya jika perpotongan kondisi temperatur dan kelembaban berada di dalam daerah *comfort zone*.

Evaporasi : Proses perubahan molekul zat cair menjadi gas atau uap air.

Kenyamanan thermal : Kondisi lingkungan yang memungkinkan pelepasan panas yang dinilai nyaman.

Panas : Suatu bentuk Energi, dinyatakan dalam satuan Joule atau Kalori.

Temperatur : Ukuran panas atau dinginnya suatu benda, biasanya dinyatakan dalam satuan °C, °F, dan °R.

Temperatur efektif : Temperatur yang dirasakan tubuh sebagai akibat hubungan antara temperatur udara (kering), kelembaban udara, dan pergerakan udara.

Thermal : Berkaitan dengan panas.

Time lag dinding : Efek penundaan pada dinding sehingga temperatur maksimal (puncak) dari lingkungan atau permukaan dinding luar baru dapat dirasakan di dalam ruangan atau permukaan dinding dalam beberapa saat kemudian.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Merupakan fakta bahwa Indonesia yang terletak pada kawasan beriklim tropis panas-lembab, dengan suhu rata-rata tahunan tidak pernah di bawah 23° C, panas adalah masalah utama yang harus dihadapi. Artinya bangunan di Indonesia umumnya harus dapat membuat pemakainya tetap dingin. Untuk itu diperlukan sebuah 'selubung' bangunan yang berperan sebagai alat untuk memanipulasi kondisi iklim setempat agar tercapai kenyamanan thermal bagi manusia dalam melakukan aktivitas di dalam suatu bangunan.

Masjid merupakan bangunan ibadah yang dapat kita jumpai hampir pada semua tempat di Indonesia. Bentuk dan ukurannya beragam, mulai dari yang kecil sampai yang paling besar, dari yang sederhana sampai yang mewah, dari yang tradisional sampai yang modern dan dari yang kuno sampai yang terbaru. Sebagai bangunan ibadah, masjid merupakan fasilitas umum yang harus memenuhi beberapa syarat kenyamanan dalam menjalankan fungsinya. Satu diantaranya adalah memenuhi syarat kenyamanan thermal. Fenomena yang peneliti sering temui adalah banyak masjid-masjid baru yang tidak mampu memberikan kenyamanan thermal secara alami kepada pemakai masjid. Ini seringkali tidak berhubungan dengan ukuran besar dari masjid (meskipun secara teoritis, semakin besar volume ruang semakin tinggi peluang tercipta kenyamanan thermal). Sehingga sebagai usaha memberikan kenyamanan thermal kepada pemakai bangunan adalah dengan bantuan peralatan mekanis atau melalui pengudaraan buatan. Peralatan mekanis yang sering dijumpai pada masjid-masjid adalah penggunaan kipas angin, yang sering kali ditempatkan secara

UPT-PUSTAK-UNDIP

tidak tepat bila ditinjau dari segi estetis sehingga dapat mengurangi keindahan ruangan.

Keperdulian terhadap lingkungan merupakan paradigma pembangunan yang sepatutnya di laksanakan. Satu hal yang mencerminkan pembangunan yang peduli kepada lingkungan adalah perancangan bangunan yang dapat merespon secara alami kondisi iklim yang tidak menguntungkan. Sehingga elemen-elemen bangunan dirancang agar dapat memanipulasi kondisi iklim yang negatif menjadi kondisi yang positif, artinya dapat memberikan kenyamanan kepada pemakai bangunan, dalam hal ini memberikan kenyamanan thermal kepada pemakai bangunan. 'Selubung' bangunan adalah elemen-elemen bangunan yang memberikan perlindungan kepada ruang kegiatan manusia di dalam bangunan dari pengaruh iklim dan lingkungan. Termasuk sebagai 'selubung' bangunan adalah atap, dinding, lantai, teras, jendela, dan pintu.

Dinding merupakan elemen bangunan yang diharapkan dapat merespon faktor iklim dan lingkungan, sebagai alat untuk memanipulasi iklim mikro lingkungan sehingga tercipta iklim mikro di dalam bangunan yang lebih baik. Satu cara untuk memanipulasi iklim mikro lingkungan melalui dinding bangunan adalah dengan menentukan pemilihan material dindingnya, ketebalan dinding, macam lapisan material dinding, tekstur dinding, warna dinding, juga *time lag*. Kombinasi secara tepat variabel-variabel tersebut dapat menciptakan kenyamanan thermal di dalam bangunan. Tetapi pada umumnya, dinding sebagai fasade bangunan cenderung dirancang untuk memenuhi nilai estetis dibandingkan sebagai 'alat' manipulasi kondisi iklim.

Pada kawasan beriklim tropis lembab seperti Indonesia, selubung bangunan juga harus berperan untuk 'memasukan' udara (angin), sehingga dimungkinkan pergerakan udara di dalam dan keluar bangunan. Hal ini sangat berbeda dengan kawasan beriklim moderat dan tropis kering, yang menghendaki agar selubung bangunan seminimal mungkin 'memasukan' udara (angin) ke dalam bangunan. Sehingga pada kawasan beriklim tropis

lembab, bukaan merupakan elemen bangunan yang tidak terpisahkan dengan selubung bangunan, dalam kaitannya dengan penelitian ini adalah bukaan dinding (jendela, pintu, dan lubang ventilasi).

Masjid Agung Demak merupakan masjid pertama di Jawa dan termasuk sebagai masjid tertua di Jawa, yang dibangun pada tahun 1477 dan telah mengalami banyak perbaikan, perbaikan terakhir dilakukan pada tahun 1987. Sebagai masjid pertama di Jawa sekaligus sebagai masjid tertua, Masjid Agung Demak layak dijadikan sebagai studi kasus. Hal ini berdasarkan fakta bahwa masjid ini merupakan masjid tertua di Jawa yang tentunya kemudian menjadi tipologi bagi pembangunan masjid-masjid di Jawa. Sehingga sepatutnya semua segi positif pada bangunan ini, terutama yang berhubungan dengan respon secara alami iklim tropis khususnya masalah kenyamanan thermal, merupakan hal yang layak dicontoh, dan segi negatif merupakan hal yang ditinggalkan untuk digantikan dengan rancangan yang lebih baik.

Secara fisik Masjid Agung Demak mempunyai bentuk bangunan yang tidak berbeda jauh dengan masjid-masjid baru, menggunakan bahan yang hampir sama, dan ukuran bangunan yang tidak terlalu besar (sekitar 515 m²). Konstruksi dinding Masjid Agung Demak, awalnya bukanlah dari bahan bata seperti sekarang, diperkirakan merupakan dinding kayu. Penggunaan material bata sebagai bahan dinding dan dengan dimensi ketebalan sekitar 80 cm merupakan pengaruh perbaikan pada masa berikutnya. Yang menarik dari konstruksi ini adalah bahwa digunakannya konstruksi dinding bata yang tebal, yang sesungguhnya merupakan karakteristik bangunan beriklim moderat (dingin). Sehingga menarik untuk diketahui apakah dengan material yang sederhana yaitu bata dan dikonstruksi dengan dimensi tebal 80 cm, dinding masjid dapat memberikan pengaruh terhadap kondisi thermal di dalam bangunan (memberikan kenyamanan thermal?). Banyaknya bukaan dinding pada Masjid Agung Demak (pintu dan jendela) awalnya dibuat berdasarkan atas filosofi rukun islam dan rukun iman. Dengan adanya perbaikan dan pemugaran jumlah

bukaan mengalami perubahan. Jumlah pintu, tidak mengalami perubahan, sedangkan jumlah jendela mengalami penambahan, tidak diketahui apakah dimensi bukaan mengalami perubahan atau tidak. Bersama dengan dinding, dengan kondisi bukaan yang sekarang adalah suatu hal yang menarik untuk meneliti apakah bukaan dinding memberikan pengaruh terhadap kondisi thermal di dalam bangunan.

Fokus penelitian adalah pada masalah thermal, yang berkaitan dengan peranan dinding bangunan dan bukaan dinding bangunan dalam mempengaruhi kondisi thermal di dalam bangunan, sehingga dapat diketahui signifikan atau tidaknya peranan dinding dan bukaan dinding tersebut.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Perancangan bangunan yang merespon iklim secara alami memerlukan ketepatan perancangan elemen-elemen bangunan. Ketepatan rancangan elemen-elemen bangunan, diantaranya bergantung kepada; letak dan orientasi, bentuk, ukuran, bahan, tekstur, warna, kombinasi, dan kerjasama elemen-elemen tersebut.

Masjid sebagai bangunan ibadah, dimanapun letaknya di Indonesia mempunyai satu kesamaan yang berpengaruh dalam perancangannya, kesamaan orientasi bangunan. Kesamaan orientasi ini mempunyai dampak bahwa masjid selalu cenderung berorientasi pada arah barat-timur. Kesamaan tipologi ini memungkinkan perancangan yang hampir sama terutama dalam perilaku bangunan merespon kondisi iklim secara tropis.

Masjid Agung Demak mempunyai konstruksi dinding yang tebal, yang sesungguhnya bukan merupakan karakteristik dari bangunan di daerah tropis, yang seharusnya mempunyai dinding yang tipis dan berpori sehingga memungkinkan penerimaan dan pelepasan panas secara cepat.

Permasalahannya adalah:

1. Bagaimana pengaruh ragam lapisan dinding terhadap perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan permukaan dinding dalam, dan kecepatan pelepasan panas (*time lag*).
2. Bagaimana pengaruh dinding dan bukaan dinding terhadap kondisi thermal di dalam ruangan.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat peranan dinding dan bukaan dinding pada bangunan Masjid Agung Demak dalam merespon iklim tropis, terutama dalam mengatasi masalah temperatur lingkungan yang tinggi, dengan cara:

1. Mencari besarnya :
 - a. Perbedaan temperatur permukaan antara dinding dengan lapisan tegel porselin dengan yang tanpa lapisan tegel porselin.
 - b. Kecepatan pelepasan panas (*time lag*).
2. Mencari signifikansi dari peranan dinding dan bukaan dinding terhadap kondisi thermal di dalam ruangan.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Dalam rangka perancangan yang merespon kondisi iklim tropis panas-lembab secara alami dan perancangan yang memperhatikan kelestarian lingkungan, diharapkan penelitian ini mampu:

1. Memberikan penjelasan mengenai peranan ketebalan dinding, ragam lapisan dinding, dan bukaan dinding, serta signifikansi peranan dinding terhadap kondisi thermal ruang shalat utama Masjid Agung Demak.

2. Mendorong perencanaan dan perancangan yang menjadikan bangunan 'bersahabat' dengan iklim dan lingkungan melalui bangunan yang dapat merespon kondisi iklim secara alami.

1.5. HIPOTESIS

1. a. Dinding dengan lapisan tegel porselin mempunyai perbedaan temperatur permukaan lebih besar dibandingkan dengan dinding tanpa lapisan tegel porselin.
b. Dinding dengan lapisan tegel porselin mempunyai *time lag* lebih lama.
2. Dinding dan bukaan dinding memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kondisi thermal di dalam bangunan.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

- Bab 1. Pendahuluan, berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan.
- Bab 2. Kajian Pustaka, merupakan dasar-dasar teori dari literatur ilmiah yang menjadi acuan dan digunakan di dalam penulisan penelitian ini.
- Bab 3. Kerangka penelitian, berisikan langkah penelitian, variabel penelitian termasuk didalamnya variabel bebas, terikat, indikator, dan kontrol, cara perhitungan, dan alat-alat yang digunakan dalam penelitian.
- Bab 4. Kajian Obyek, berisikan gambaran umum Masjid Agung Demak dan lingkungan sekitar masjid.

Bab 5. Data dan Analisis, merupakan uraian yang menjelaskan tahap-tahap pelaksanaan yang telah dilakukan serta analisis dan pembahasan hasil penelitian berdasarkan data hasil pengukuran yang kemudian diolah.

Bab 6. Kesimpulan, menjelaskan tentang kesimpulan-kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta uraian tentang rekomendasi yang berasal dari hasil penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. IKLIM TROPIS

Climate (iklim) berasal dari bahasa Yunani, *klima* yang berdasarkan kamus Oxford berarti *region* (daerah) dengan kondisi tertentu dari suhu, *dryness* (kekeringan), angin, cahaya dan sebagainya. Dalam pengertian ilmiah, iklim adalah 'integrasi pada suatu waktu (*integration in time*) dari kondisi fisik lingkungan atmosfer, (yang menjadi) karakteristik kondisi geografis kawasan tertentu'. Sedangkan cuaca adalah 'kondisi sementara lingkungan atmosfer pada suatu kawasan tertentu'. Secara keseluruhan, iklim diartikan sebagai 'integrasi dalam suatu waktu mengenai keadaan cuaca' (Koenigsberger, 1975: 3).

Kata tropis berasal dari bahasa Yunani kuno, yaitu kata *tropikos* yang berarti garis balik; kini pengertian ini berlaku untuk daerah antara kedua garis balik ini. Garis balik ini adalah garis lintang 23°27' utara dan garis lintang 23°27' selatan.

Iklim Tropis adalah iklim dimana panas merupakan masalah yang dominan, yang pada hampir keseluruhan waktu dalam satu tahun bangunan 'bertugas' mendinginkan pemakai, dari pada menghangatkan, dan suhu rata-rata pertahun tidak kurang dari 20 °C (Koenigsberger, 1975: 3). Menurut Lippsmeier, Iklim tropis Indonesia termasuk zona *warm-humid climate* (panas lembab), zona ini mempunyai kelembaban relative (RH) yang sangat tinggi (kadang-kadang mencapai 90%), curah hujan yang cukup banyak, dan rata-rata suhu tahunan umumnya berkisar 23 °C dan dapat naik sampai 38 °C pada musim 'panas'.

Pada iklim ini terjadi sedikit sekali perubahan 'musim' dalam satu tahun, satu satunya tanda terjadi pergantian musim adalah banyak atau

sedikitnya hujan, dan terjadinya angin besar. Karakteristik *warm humid climate* (iklim panas lembab) adalah sebagai berikut (Lippsmeier, 1980: 28):

- Lansekap, *rain forest* (hutan hujan) terdapat sepanjang pesisir pantai dan dataran rendah daerah ekuator.
- Kondisi tanah, Merupakan tanah merah atau coklat yang tertutup rumput.
- Tumbuhan, Pada zona ini tumbuhan sangat bervariasi dan lebat sepanjang tahun. Tumbuhan tumbuh dengan cepat karena pengaruh curah hujan yang tinggi dan suhu udara yang panas.
- Musim, Terjadi sedikit perbedaan musim. Pada bulan 'panas', kondisi panas dan lembab sampai basah; pada bulan 'dingin', kondisi hangat dan lembab sampai basah. Pada belahan utara, bulan 'dingin' terjadi pada Desember-Januari, bulan 'panas' terjadi pada Mei sampai Agustus. Pada belahan selatan bulan 'dingin' terjadi pada April sampai Juli, bulan 'panas' terjadi pada Oktober sampai Februari.
- Kondisi langit, Hampir sepanjang tahun keadaan langit berawan. Lingkupan awan berkisar 60%-90%. *Luminance* (luminasi) maksimal bisa mencapai 7000 cd/m² sedangkan luminasi minimal 850cd/m².
- Radiasi dan panas matahari, Pada daerah tropis radiasi matahari dikategorikan tinggi. Sebagian dipantulkan dan sebagian disebarkan oleh selimut awan, meskipun demikian sebagian radiasi yang mencapai permukaan bumi mempunyai dampak yang besar dalam mempengaruhi suhu udara.
- Temperatur udara, terjadi sedikit fluktuasi perbedaan temperatur harian dan tahunan. Rata-rata temperatur maximum tahunan adalah 30,5 °C. Temperatur rata-rata tahunan untuk malam hari adalah 25 °C tetapi umumnya berkisar antara 21 –27 °C. Sedangkan selama siang hari berkisar 27-32 °C, kadang-kadang lebih dari 32 °C,.
- Curah hujan sangat tinggi selama satu tahun, umumnya menjadi sangat tinggi dalam beberapa bulan tertentu. Tingkat curah hujan tahunan berkisar antara 2000-5000 mm, pada musim hujan dapat bertambah

sampai 500 mm dalam sebulan, bahkan pada saat badai bisa mencapai 100 mm per jam.

- Kelembaban, dikenal sebagai RH (*relative humidity*), umumnya rata-rata tingkat kelembaban adalah sekitar 75%, tetapi kisaran kelembabanya adalah 55% sampai hampir 100%. *Absolute humidity* antara 25-30 mb.
- Pergerakan udara, umumnya kecepatan angin rendah, tetapi angin kencang dapat terjadi selama musim hujan. Arah angin biasanya hanya satu atau dua.
- Karakteristik khusus, Tingginya kelembaban mempercepat pertumbuhan alga dan lumut, bahan bangunan organik membusuk dengan cepat dan banyaknya serangga. Evaporasi tubuh terjadi dalam jumlah kecil karena tingginya kelembaban dan kurangnya pergerakan udara (angin). Rata-rata badai adalah 120-140 hari dalam satu tahun.

2.2. RESPON ALAMI BANGUNAN TERHADAP KONDISI IKLIM

Iklm merupakan faktor yang sangat mempengaruhi dalam arsitektur. Respon arsitektur terhadap iklim akan beragam dan akan dipengaruhi oleh banyak faktor. Secara umum bangunan sebagai produk arsitektur dapat merespon iklim melalui dua cara, bersahabat atau melawan. Hal ini khususnya dilihat dari bagaimana suatu bangunan memanfaatkan potensi iklim secara alami tanpa atau dengan menggunakan peralatan mekanis sebagai alat untuk tercapainya standar kenyamanan (layak) dalam melakukan aktivitas di dalam bangunan. Bangunan yang 'bersahabat' adalah bangunan yang mencoba secara maksimal memanfaatkan potensi iklim dan mengantisipasi kondisi iklim yang tidak menguntungkan melalui cara yang alami tanpa atau dengan seminimal mungkin menggunakan peralatan mekanis. Satu tanda bangunan 'bersahabat' atau 'melawan' iklim, menurut

Ken Yeang, dapat dilihat dari 'enclosur ' (selubung) bangunannya. Bangunan yang bersahabat dianalogikan sebagai *open system* dan yang 'melawan' sebagai *closed system*. Pada *closed system*, 'selubung' bangunan bersifat sebagai insulator terhadap iklim, sehingga terjadi sedikit atau tidak ada pertukaran kondisi lingkungan antara lingkungan di luar bangunan dengan lingkungan di dalam bangunan. Sehingga kenyamanan manusia dan standar kelayakan kegiatan semuanya dikontrol oleh peralatan mekanikal, seperti *air condition* dan pencahayaan buatan.

Kebalikan dari *closed system*, pada *open system*, selubung bangunan bersikap sebagai lapisan yang 'berlubang' atau sebagai *environmental filter* ('saringan' terhadap lingkungan). *Filter* tersebut berfungsi mengontrol pertukaran antara kondisi iklim di luar bangunan dengan di dalam bangunan.

Ken Yeang juga menjelaskan bahwa suatu karya arsitektur sepatutnya merupakan hasil suatu pemikiran dengan pendekatan arsitektur regional. Pendekatan secara regional mengharuskan perancang untuk menganalisis warisan kawasan setempat tentang *enclosure system* (sistem selubung atau selubung bangunan), yaitu bagaimana pintu, jendela, atap, lantai, dinding, teras dan sebagainya pada bangunan tradisional dapat berfungsi sebagai *environmental filters*. Ini memperjelas bahwa dinding dan teras sebagai bagian *environment filter* mempunyai fungsi penting dalam memberikan kenyamanan thermal. Pada prinsipnya *environmental filter* merupakan selubung bangunan yang berfungsi sebagai 'alat' ventilasi silang, kontrol terhadap radiasi matahari, penahan dan penyimpanan panas.

Ada beberapa metoda perancangan yang dilakukan untuk menjadikan suatu bangunan merespon kondisi iklim (secara alami/bersahabat), yaitu melalui;

- Orientasi bangunan
- Ventilasi silang
- Kontrol radiasi matahari
- *Heat storage* dan *heat insulation*

- *Humidifying* (pelembaban)
- Vegetasi

Dari keenam metoda tersebut, metoda yang terkait langsung dengan penelitian ini adalah ventilasi silang, *heat storage*, dan *heat insulation* (oleh dinding). *Heat storage* dan *heat insulation* (oleh dinding) berhubungan dengan usaha menyimpan panas dan melepas panas secara cepat atau lambat serta berhubungan dengan besarnya nilai arus perpindahan panas secara konduksi. Orientasi bangunan dan kontrol radiasi matahari, keduanya menyebabkan terjadinya pembayangan pada fasade bangunan, yang akan mempengaruhi perbedaan temperatur lingkungan yang tidak terbayangi dengan temperatur lingkungan yang terbayangi.

2.2.1. Pembayangan Fasade

A. Orientasi Bangunan

Bentuk bangunan juga dipengaruhi oleh orientasinya, orientasi ini berpengaruh pada tampilan dan kemampuan bangunan dalam menghadapi masalah thermal. Menurut Setyo Soetadji, ada beberapa jenis orientasi;

1. Orientasi terhadap garis edar matahari yang merupakan bagian penting dari penerangan alami. Tetapi pada daerah topis penyinaran matahari yang berlebihan pada bangunan dapat menimbulkan dampak negatif, sehingga diperlukan usaha-usaha melalui elemen-elemen bangunan untuk mengurangi dampak negatif tersebut.
2. Orientasi pada potensi-potensi terdekat, merupakan orientasi yang lebih bernilai pada sesuatu. Bangunan dapat mengarah pada sesuatu tempat, atau bangunan tertentu atau cukup membuat hubungan filosofis saja.
3. Orientasi pada arah pandang tertentu, yang biasanya mengarah pada potensi-potensi yang relatif jauh, misalnya laut atau pemandangan alam.

Akibat pengaruh orientasi pada bangunan, menyebabkan harus dapat mengantisipasi dampak negatif yang timbul, dalam penelitian ini adalah yang berhubungan dengan fisika bangunan, khususnya yang berhubungan

dengan masalah thermal. Satu faktor utama yang harus dipertimbangkan untuk menentukan posisi bangunan secara tepat adalah radiasi matahari (yang menimbulkan panas) dan tindakan perlindungan. Tujuan terpenting dari menentukan orientasi bangunan terhadap pergerakan matahari adalah untuk mengurangi semaksimal mungkin luasan fasade bangunan yang menerima radiasi matahari. Perencanaan orientasi bangunan juga akan mempengaruhi kedalaman, jarak dan kemiringan elemen pelindung matahari.

Pada kawasan beriklim tropis, fasade bangunan sebelah utara dan selatan akan menerima sedikit radiasi matahari dibandingkan fasade barat dan timur. Panas yang diterima sisi barat dan timur akan bertambah bila sudut jatuh radiasi matahari semakin curam. Sehingga dalam perancangan perlu dihindari penempatan fasade bangunan yang luas pada sisi barat dan timur, bila hal ini tidak dapat dihindari maka pandangan bebas dari sisi ini tidak dimungkinkan (karena pemakaian elemen pelindung matahari).

B. Kontrol Terhadap Radiasi Matahari

Perlindungan terhadap matahari merupakan hal penting pada daerah beriklim tropis. Pada bangunan perlindungan terhadap matahari dilakukan dapat dilakukan melalui orientasi bangunan terhadap pergerakan matahari, membuat elemen pelindung serta pemilihan material bangunan.

Berikut adalah berbagai jenis elemen pelindung terhadap matahari. Kecenderungan untuk menggunakan elemen pelindung yang sama pada keempat fasade bangunan bukanlah hal yang tepat bila ditinjau dari nilai fungsionalnya, tetapi tidak menurut nilai estetika. Tindakan paling tepat adalah menempatkan dan membuat pelindung matahari sesuai dengan sudut jatuh matahari dan perhitungan individual lainnya.

1. Pelindung horisontal dan vertikal

Merupakan pelindung terhadap radiasi matahari berupa bidang horizontal atau vertikal. Pelindung horizontal merupakan pelindung terbaik untuk fasade sisi utara dan selatan (matahari tinggi), juga cukup baik untuk

fasade barat laut, timur laut, tenggara dan barat daya. Makin dekat suatu bangunan kepada garis *equator*, makin mudah melindungi fasade utara dan selatan (posisi matahari hampir tegak lurus). Pelindung vertikal merupakan pelindung terbaik untuk fasade barat dan timur (matahari rendah).

Pelindung horisontal dan vertikal dapat dibuat, dikombinasikan dan disusun dalam bermacam variasi. Bentuk umum dari pelindung horizontal adalah *overhang*, teritisan atap dan balkon. Bentuk yang sering digunakan adalah *overhang* tetap (tidak dapat digerakan) sesuai perhitungan terhadap posisi matahari, kadang dikombinasikan dengan elemen lain yang dapat digerakan baik secara elektronis ataupun manual. Elemen pelindung radiasi sinar matahari yang dapat digerakan secara manual sangat mudah didapatkan, contohnya krey, awning dan kajang. Jika kaca tidak dibutuhkan dapat digunakan lamela, yang terbuat dari bahan semen atau sejenisnya.

Balkon atau teras (bisa dengan atap) lantai atas pada bangunan bertingkat, bila berada pada permukaan tanah dan diberi atap maka akan berubah namanya menjadi beranda, yang dalam bahasa jawa dikenal dengan nama serambi. Dengan demikian serambi bila ditinjau dari peranannya dalam merespon kondisi iklim adalah sebagai kontrol terhadap radiasi matahari, yaitu sebagai pelindung horizontal.

2. Kombinasi pelindung horizontal dengan vertikal

Bentuk kisi-kisi sangat tepat dipasang pada tempat yang perubahan tinggi dan azimuth matahari nya besar dan dapat dirasakan dengan cepat. Umumnya pada fasade barat daya sampai barat laut dan tenggara sampai timur laut. Kombinasi ini lebih banyak menahan radiasi matahari dibandingkan pelindung horisontal dan vertikal.

3. Diagram Matahari

Diagram matahari menjelaskan informasi mengenai azimuth dan altitud (ketinggian) matahari untuk setiap waktu pada hari, dan untuk satu tahun. Diagram matahari ini digunakan bersamaan dengan orientasi bangunan untuk menentukan posisi matahari dan pembayangan yang terjadi

akibat adanya pematah sinar matahari ataupun sebagai akibat orientasi bangunan.

Diagram matahari yang digunakan adalah diagram matahari seperti yang terdapat pada Bangunan Tropis oleh Lippsmeier (Lippsmeier, 1994).

2.2.2. Ventilasi Silang

Menurut Boutet (Boutet, 1987:16) ada empat metoda dalam mencapai kenyamanan thermal melalui pendinginan, baik diterapkan secara terpisah ataupun secara kombinasi.

- Menurunkan temperatur udara
- Mengurangi kelembaban bila terlalu tinggi
- Meningkatkan kelembaban dengan evaporasi bila terlalu rendah
- Menggunakan pergerakan udara

Pergerakan udara mempunyai tiga fungsi yang terpisah; kualitas udara, energi, dan kenyamanan. B. Givoni (Bouteet, 1987: 7) menyebutnya sebagai '*health ventilation*,' yang mengacu kepada mempertahankan kualitas udara dengan mengganti udara di dalam ruangan dengan udara segar dari luar, '*structural cooling ventilation*,' yaitu mendinginkan struktur bangunan pada saat temperatur di dalam bangunan lebih tinggi dibandingkan di luar, dan '*thermal comfort ventilation*,' yang bertujuan mengurangi panas dan cairan dari tubuh manusia ke udara sekitar.

Pergerakan udara disebabkan karena berbagai proses pemanasan dari lapisan udara. Pergerakan diukur mulai dari tenang sampai badai, yang diskalakan dari 0 sampai 12 (*Beaufort Scale*). Kondisi pergerakan udara yang tenang pada lingkungan merupakan kondisi yang dikehendaki dalam perancangan, mengingat pergerakan udara yang tenang akan dapat memperbaiki kondisi iklim mikro di dalam bangunan. Sedangkan pergerakan udara yang di katagorikan sebagai angin kencang bahkan sampai badai merupakan kondisi yang tidak dikehendaki.

Pergerakan udara akan meningkatkan pelepasan panas dari kulit melalui proses evaporasi. Pelepasan panas akan dipercepat bersamaan

dengan meningkatnya pergerakan udara (Lippsmeier, 1980: 57). Tetapi harus diingat, hal ini terjadi hanya jika temperatur udara lebih rendah dari pada temperatur kulit ($35 - 36^{\circ}\text{C}$). Bila tidak, maka akan terjadi hal yang sebaliknya, tubuh akan mengalami pemanasan, dan efek pendinginan tidak mencukupi. Agar terjadi perbaikan kondisi iklim di dalam bangunan, adalah dengan memasukan udara (angin) kedalam bangunan, yaitu melalui pintu, jendela dan lubang ventilasi.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan, terutama mengenai pengudaraan di dalam bangunan, pertama mengenai kelembaban. Pada kondisi udara tidak jenuh (kelembaban rata-rata kecil) pendinginan tubuh melalui pergerakan udara menyebabkan keringat terbawa oleh angin dan tubuh menjadi dingin. Meningkatnya kelembaban rata-rata di luar atau di dalam bangunan dapat di atasi dengan meningkatkan pergerakan udara. Tetapi pada lingkungan dengan kelembaban rata-rata yang tinggi, penambahan kecepatan pergerakan udara tidak lagi mencukupi. Tanpa adanya ventilasi, pada bangunan, udara di sekitar tubuh akan menjadi jenuh dengan cepat sehingga tubuh tidak dapat melepaskan keringat.

Ke dua, pendinginan melalui udara hanya dapat dilakukan bila suhu udara lebih rendah dari suhu kulit manusia ($35 - 36^{\circ}\text{C}$). Pada kondisi suhu udara lebih tinggi dari tubuh manusia tetap terjadi proses penguapan tetapi pendinginan yang terjadi tidak dapat mengimbangi panas yang diterima tubuh. Ini menyebabkan metode pengudaran untuk memperbaiki kondisi iklim hanya dapat dilakukan di daerah yang beriklim panas-lembab.

Ke tiga, proses pengudaraan (ventilasi silang) yang berdasarkan pada perbedaan panas hampir tidak menghasilkan dampak apapun. Penyebabnya adalah kecilnya perbedaan suhu udara pada daerah beriklim panas-lembab. Tetapi perbedaan tekanan udara bisa sangat besar, bergantung kepada kecepatan angin. Kondisi ini memungkinkan mendapatkan ventilasi silang yang baik.

Ke empat, variabel yang penting pada proses pendinginan adalah kecepatan angin. Artinya, sebisa mungkin perencanaan menyebabkan

pertambahan kecepatan angin daripada memasukan sebanyak mungkin udara (pertukaran udara). Satu cara untuk meningkatkan kecepatan angin adalah dengan membuat lubang keluar lebih besar dari lubang masuk. Juga harus direncanakan bahwa 'bukaan' sebagai tempat angin masuk kedalam ruangan harus berada pada arah pergerakan angin.

Uraian tersebut di atas menjelaskan mengapa pada kawasan beriklim tropis kering, justru menghindari adanya ventilasi yang luas, mengingat temperatur lingkungan jauh lebih tinggi dari temperatur tubuh maka pergerakan udara pada permukaan kulit tidak akan menyebabkan pendinginan bahkan akan menyebabkan pemanasan. Sebaliknya pada kawasan iklim tropis lembab, temperatur lingkungan berada di bawah temperatur tubuh tetapi kelembaban rata-rata cukup tinggi, dengan demikian pergerakan udara dikehendaki karena akan menyebabkan proses evaporasi.

Tujuan perencanaan adalah mendapatkan aliran udara yang tepat untuk ruangan dan dapat dilakukan pengontrolan. Akan muncul banyak variasi perencanaan, tetapi hal ini akan menghadapi kenyataan bahwa pergerakan udara tidak mudah berubah arah dan tidak mencari jarak terpendek antara lubang masuk dan keluar. Untuk menciptakan pergerakan udara di dalam bangunan adalah dengan menempatkan bukaan pada arah datangnya angin pada satu sisi dan bukaan lain pada sisi yang berseberangan. Dari segi pencangan efisiensi pergerakan udara di dalam bangunan bergantung kepada orientasi bangunan terhadap arah datangnya angin, dan posisi bukaan, sedangkan efisiensi pergerakan udara dipengaruhi oleh perbedaan tekanan atau perbedaan temperatur. Perbedaan tekanan akan cukup signifikan meningkatkan kecepatan pergerakan udara, sedangkan perbedaan temperatur (yang pada iklim tropis lembab tidaklah terlalu besar) tidak menyebabkan kondisi ventilasi yang cukup memadai.

2.2.3. *Heat Storage dan Heat Insulation*

Penyimpanan panas dan penahanan panas pada bahan suatu bangunan mempunyai efek terhadap perubahan (perbaikan) perbedaan

temperatur udara luar. Metoda ini dapat menyebabkan turunnya temperatur udara ruangan dan temperatur malam hari yang dingin dapat menjadi naik. Sehingga metoda ini akan tepat bila diterapkan pada daerah beriklim tropis panas-kering, dimana pada siang hari temperatur sangat panas dan malam hari temperatur menjadi sangat dingin.

Bahan padat dan berat mempunyai sifat menyerap panas yang baik dan menyimpan panas untuk waktu yang lama. Bahan yang berpori dan ringan mempunyai sifat sedikit atau tidak menyerap panas dan akan segera melepaskan panas yang diterima.

Semua usaha untuk menyejukkan udara di dalam bangunan secara alamiah bisa gagal akibat pemilihan bahan bangunan yang salah. Raymond Ayoub melakukan penelitian yang luas mengenai hal ini, ia berkesimpulan bahwa dengan perhitungan dan pengendalian semua proses secara tepat penyejukan udara mekanis tidak diperlukan lagi, meskipun tidak mungkin dihilangkan sama sekali.

Bahan penghambat panas murni, seperti kaca, kaca wol, plastik dan lainnya, tidak cocok digunakan untuk bangunan yang memakai ventilasi alamiah. Bangunan yang memakai ventilasi alamiah lebih baik menggunakan bahan bangunan yang berpori dan dapat menyalurkan kembali panas yang diterimanya dan panas yang terbentuk didalam ruangan. Penghambat panas yang sangat baik adalah lapisan udara. Efek penghambatan ini hilang bila udara dapat bersirkulasi; dengan pengendalian yang tepat hal ini dapat menghasilkan pendinginan. Penerapan metode ini secara salah akan mengakibatkan naiknya temperatur udara melalui transmisi panas.

2.2.4. Dinding

A. Tipikal Konstruksi Dinding pada Iklim Tropis

Iklim tropis terbagi menjadi dua, iklim tropis kering dan iklim tropis lembab. Keduanya mempunyai karakteristik iklim yang sangat berbeda,

sehingga konstruksi dinding bangunan pada kedua iklim tersebut akan sangat berbeda.

Pada kawasan beriklim tropis kering temperatur udara sangat tinggi pada siang hari dan sangat rendah di malam hari sehingga terjadi perbedaan temperatur yang tajam antara siang dengan malam. Dinding yang tebal sangat tepat bagi bangunan pada kawasan ini. Dinding tebal memungkinkan penahanan dan penyimpanan panas yang baik. Pada siang hari dinding berperan untuk menahan panas dengan cara memperlambat rambatan panas kedalam bangunan, panas ini baru kemudian dilepaskan pada malam hari (dimana saat itu kondisi lingkungan menjadi sangat dingin, sehingga pelepasan panas oleh dinding merupakan suatu keuntungan yang diinginkan).

Sebaliknya pada kawasan beriklim tropis lembab yang juga memiliki temperatur lingkungan pada siang hari yang termasuk tinggi (masih jauh lebih tinggi temperatur lingkungan pada kawasan tropis kering), tetapi perbedaan temperatur dengan malam hari tidaklah besar. Kondisi yang juga sangat berbeda dengan iklim tropis kering adalah kelembaban udara relatif. Pada kawasan tropis lembab, kelembaban udara sangat tinggi sedangkan pada tropis kering kelembaban udara cukup rendah. Kondisi ini berpengaruh terhadap kebutuhan pergerakan udara, dimana pada kondisi kelembaban yang tinggi pergerakan udara sangat dibutuhkan untuk menciptakan kenyamanan.

Kebutuhan akan pergerakan udara ini berpengaruh terhadap konstruksi dinding pada kawasan tropis lembab, dimana pada kawasan ini dinding yang tipis dan berpori lebih tepat. Dinding tipis memungkinkan pelepasan panas secara cepat dan sekaligus memungkinkan 'rembesan' udara. Pada kenyataannya kondisi di dalam bangunan yang mempunyai dinding yang terbayangi secara baik dan bukaan yang memadai mempunyai temperatur mendekati atau sama dengan temperatur luar (lingkungan). Pembayangan dinding yang kurang baik akan menyebabkan meningkatnya temperatur di dalam bangunan melebihi temperatur lingkungan.

B. Dinding dan Bukaan Dinding

1. Dinding

Ditinjau dari elemen bangunan yang berperan dalam mempengaruhi kondisi thermal di dalam bangunan, maka elemen-elemen yang berpengaruh tersebut pada dasarnya adalah selubung bangunan. Menurut Ken Yeang, termasuk sebagai selubung bangunan adalah atap, dinding, lantai, pintu dan jendela.

Dinding dapat dibagi lagi menjadi dua (berdasarkan dapat atau tidaknya dinding dilalui oleh cahaya), dinding masif dan dinding transparan. Dinding masif adalah dinding yang tidak dapat ditembus cahaya, sedangkan dinding transparan merupakan dinding yang dapat ditembus oleh cahaya (seperti jendela). Ditinjau dari dapat atau tidaknya suatu dinding dibuka, maka dinding dapat dibagi menjadi dua; yang dapat dibuka dan tidak dapat dibuka. Pintu dapat ditinjau sebagai dinding yang dapat dibuka dan ditutup (yang berfungsi sebagai akses keluar dan masuk ke dalam bangunan). Jendela yang dapat dibuka dan ditutup dapat digolongkan sebagai dinding yang dapat dibuka.

Bukaan dinding merupakan bagian dinding yang berupa lubang yang memungkinkan masuknya udara luar (angin) ke dalam bangunan. Pintu dan jendela dapat juga ditinjau sebagai bukaan, bila keduanya berada dalam kondisi dibuka. Sehingga pembahasan tentang dinding berarti membahas dinding yang dapat dibuka-tutup (pintu dan jendela), dinding yang masif (dinding bata, kayu, gypsum dan sebagainya) atau transparan (jendela, meskipun saat ini banyak sekali pintu terbuat dari kaca sehingga juga tergolong sebagai dinding transparan), dan secara tidak langsung juga akan melibatkan bukaan dinding (lubang ventilasi, pintu dan jendela dalam keadaan terbuka).

2. Bukaan Dinding

Kajian mengenai bukaan dinding menitik beratkan pada peranan bukaan berupa lubang ventilasi dan termasuk jendela dan pintu (yang dalam kondisi terbuka sehingga memungkinkan masuknya udara luar atau angin).

Telah dijelaskan bahwa pada iklim tropis lembab, bukaan sangatlah penting sehingga bukaan pada arah datangnya angin dan keluarnya angin sebisa mungkin dirancang sama besarnya (lebih baik bila bukaan pada arah keluarnya angin lebih besar) dan pada posisi yang berseberangan. Secara ekstrim, kondisi bangunan yang paling baik pada kawasan tropis lembab agar tercipta kenyamanan thermal adalah bangunan dengan bukaan semaksimalnya yang ini berarti bangunan menjadi tanpa dinding (karena menjadi bukaan semua). Tetapi kondisi ekstrim ini tidaklah memungkinkan mengingat bangunan haruslah juga dapat memberi perlindungan privasi dan keamanan bagi pemakai didalamnya, yang hal ini tidak mungkin tercipta bila bangunan tidak mempunyai dinding.

Secara umum bukaan akan berperan menggerakkan udara di dalam bangunan yang telah menjadi panas dan diganti dengan udara yang relatif lebih dingin, tanpa adanya bukaan temperatur di dalam bangunan akan terus meningkat. Hal ini terutama karena terjadinya akumulasi panas di dalam bangunan. Bukaan juga berperan untuk mengurangi akumulasi kelembaban udara di dalam bangunan. Tanpa adanya pergerakan udara di dalam bangunan maka kenyamanan thermal tidak dapat tercapai (khususnya pada kawasan beriklim tropis lembab), hal ini terkait dengan temperatur efektif dan kenyamanan thermal yang sangat erat hubungannya dengan temperatur udara, kelembaban udara dan pergerakan udara (angin). Pembahasan mengenai kenyamanan thermal akan dijelaskan pada kajian berikutnya.

2.3. KENYAMANAN THERMAL

Manusia adalah mahluk dengan temperatur konstan, dengan temperatur dalam 37 °C untuk kondisi normal (Egan, 1975: 5), meskipun sesungguhnya temperatur dalam mempunyai rentang antara 35 sampai 40 °C (Szokolay, 1975: 272).

Temperatur permukaan kulit harus lebih rendah dari temperatur dalam, dan temperatur lingkungan harus lebih rendah dari temperatur kulit,

dalam kondisi yang demikian tubuh dapat mengalami proses pendinginan (pelepasan panas). Ada suatu rentang tertentu dari temperatur lingkungan yang memungkinkan pelepasan panas yang dinilai 'nyaman' yang disebut sebagai *comfort zone* (zona nyaman).

Temperatur udara merupakan faktor utama dalam terciptanya kenyamanan thermal, tetapi bukan satu-satunya. Terciptanya kenyamanan thermal akan dipengaruhi oleh empat faktor (Lippsmeier, 1980: 61), yaitu:

- Temperatur udara
- Kelembaban udara
- Pergerakan udara (angin)
- Radiasi (matahari)

Sedangkan standar kenyamanan thermal pada ruang tertutup dipengaruhi oleh:

- Temperatur udara
- Kelembaban udara
- Rata-rata temperatur radiasi oleh dinding dan langit-langit ruangan
- Pergerakan udara
- Kondisi cahaya secara umum dan distribusinya pada daerah pandangan (*field of vision*)

Untuk mengetahui apakah kondisi lingkungan memberikan kenyamanan thermal digunakan suatu tabel yang disebut *bioclimatic chart* (tabel bioklimatik atau diagram *comfort zone*). Pada tabel dijelaskan hubungan antara temperatur kering, kelembaban relatif, dan pergerakan angin. Dimana pada kondisi yang tertentu akan menyebabkan terciptanya kenyamanan thermal, daerah yang dinilai 'nyaman' merupakan daerah tabel yang diberi warna kelabu. Dengan demikian, kenyamanan thermal tercapai bila kondisi lingkungan berada dalam zona nyaman pada tabel bioklimatik.

Pada kenyataannya data temperatur kering yang terbaca pada alat ukur temperatur udara bukanlah kondisi temperatur yang dirasakan oleh tubuh. Kondisi temperatur yang dirasakan oleh tubuh merupakan korelasi dari temperatur udara (temperatur kering), kelembaban relatif (RH),

pergerakan udara (angin), dan radiasi. Temperatur yang dirasakan tubuh sebagai perasaan panas dan dingin, oleh Houghten dan Yaglou dirumuskan sebagai temperatur efektif, merupakan hubungan antara temperatur, kelembaban, dan pergerakan udara. Untuk mengetahui temperatur efektif pada suatu saat tertentu, dapat diukur dengan menggunakan *effective temperature nomogram* (diagram temperatur efektif). Satu data (lainnya) yang harus diketahui dalam diagram temperatur efektif adalah data temperatur khusus (seperti ASMAN dan *Sling thermometer*), bila tidak dapat diukur dengan menggunakan thermometer basah, data temperatur lembab dapat dicari dengan menggunakan diagram psikometri, dengan syarat temperatur kering dan kelembaban relatif diketahui.

Berikut ini adalah hasil beberapa penelitian tentang daerah kenyamanan thermal, yang dinyatakan dalam temperatur efektif (Lippsmeier, 1980: 59):

<i>Investigator</i>	<i>Locality</i>	<i>Group of people</i>	<i>Comfrt zone</i>
A.S.H.R.A.E.	Southern USA (30° north)	Research workers	20,5– 4,5 °C ET
Rao	Calcuta (22° north)	Indian	20,5– 4,5 °C ET
Webb	Singapore (equatorial)	Malaysian – Chinese	25-27 °C ET
Mom	Batavia (Jakarta) (6° south)	Indonesian	20-26 °C ET
Ellis	Singapore (equatorial)	Malaysian – Chinese	22-26 °C ET

Tabel 01

Untuk Indonesia, Departemen PU membagi kenyamanan thermal menjadi 3, yaitu (Departemen PU, 1993: 38):

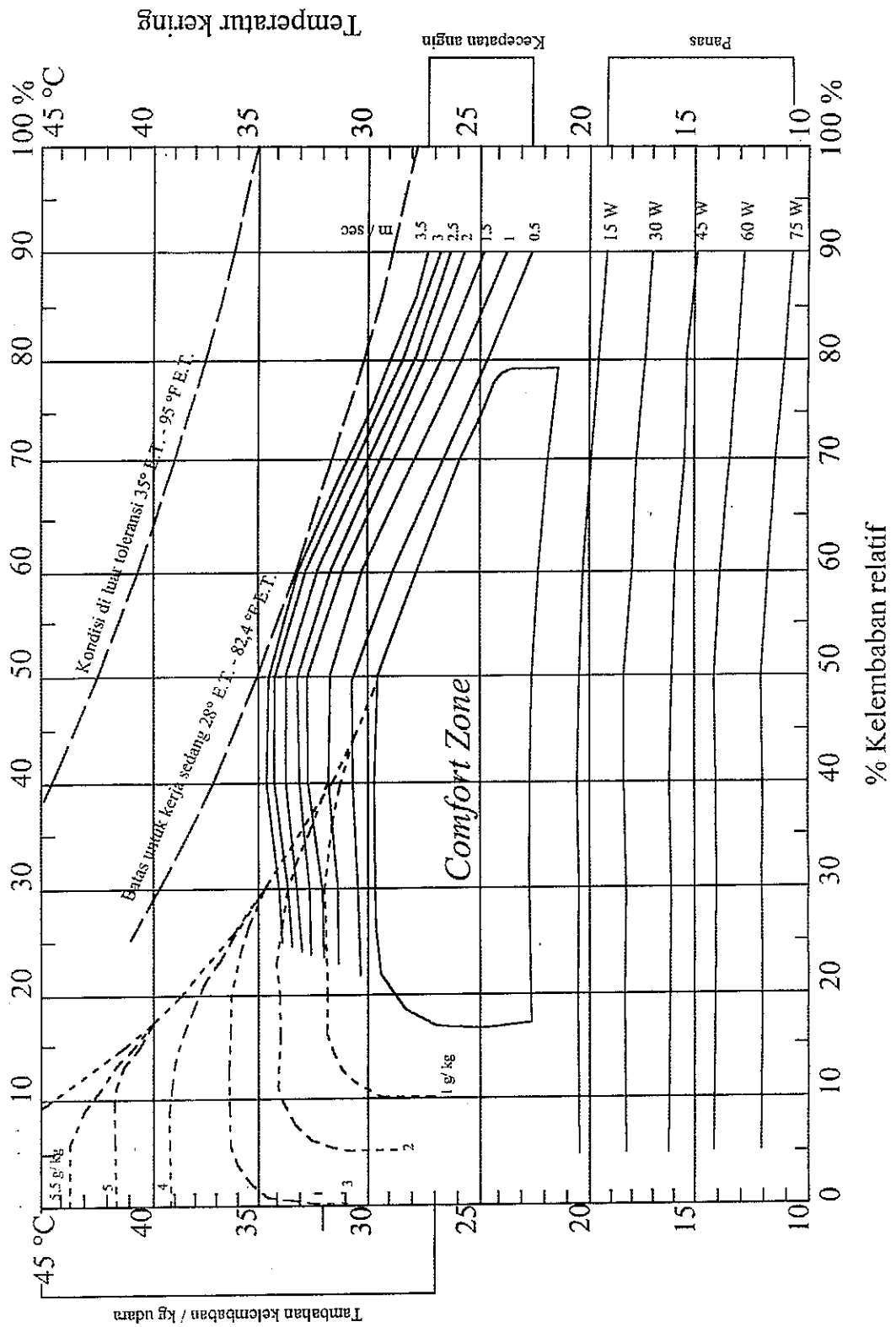
- Sejuk nyaman, temperatur antara 20,5 – 22,8 °C.
- Nyaman optimal, temperatur antara 22,8 – 25,8 °C.
- Hangat nyaman, temperatur antara 25,8 – 27,1 °C.

(Nilai di atas didapat dengan asumsi merupakan nilai temperatur efektif dalam kondisi tidak terjadi pergerakan udara). Sehingga berdasarkan standar tersebut, temperatur efektif di bawah 20,5 °C (TE) dan di atas 27,1 °C (TE) dianggap sebagai tidak nyaman.

Tetapi selain faktor fisik lingkungan, faktor fisik dan psikologis dari manusia juga dapat mempengaruhi kenyamanan thermal. Boutet (Boutet, 1987:15) menyatakan bahwa faktor psikologis berpengaruh terhadap persepsi tentang kenyamanan jika mereka berpikir bahwa lingkungannya memberikan kenyamanan. Sebagai contoh; seseorang akan merasa lebih nyaman bila berada di teras dibandingkan dengan di dapur sebab mereka berpikir bahwa lingkungan luar yang terbayangi lebih nyaman, meskipun pada kenyataannya kedua lokasi tersebut mempunyai tingkat kenyamanan yang sama atau bahkan bila kondisi di dalam ruangan lebih nyaman dibandingkan kondisi di luar ruangan.

Berikut ini adalah faktor yang mempengaruhi kenyamanan thermal (Szokolay, 1975: 273):

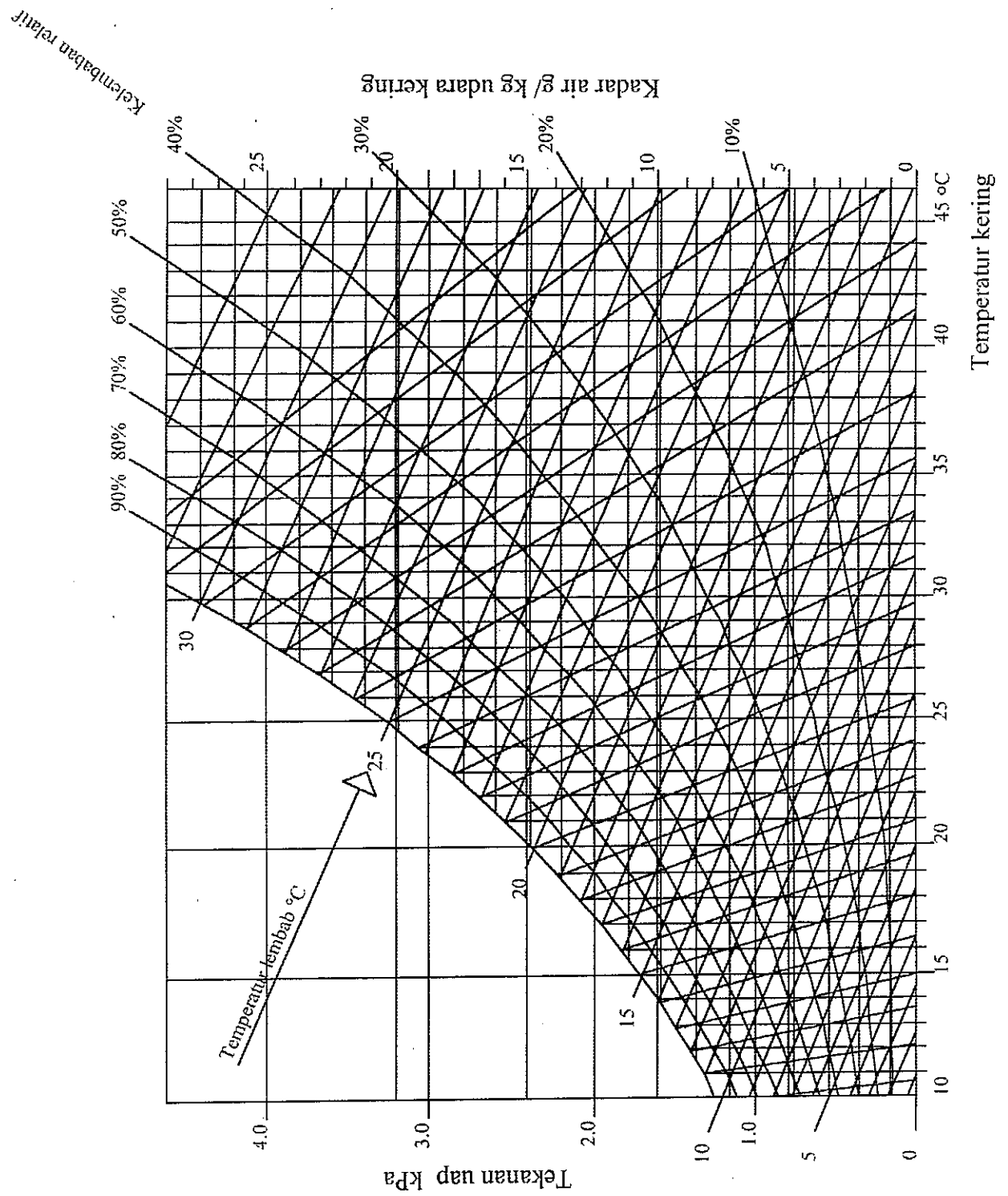
- Proses penyesuaian dengan kondisi iklim
- Umur dan jenis kelamin
- Bentuk tubuh
- Kondisi kesehatan
- Aktivitas
- Makanan dan minuman
- Kandungan lemak di bawah kulit



Gambar 2.1. Diagram *Comfort Zone*

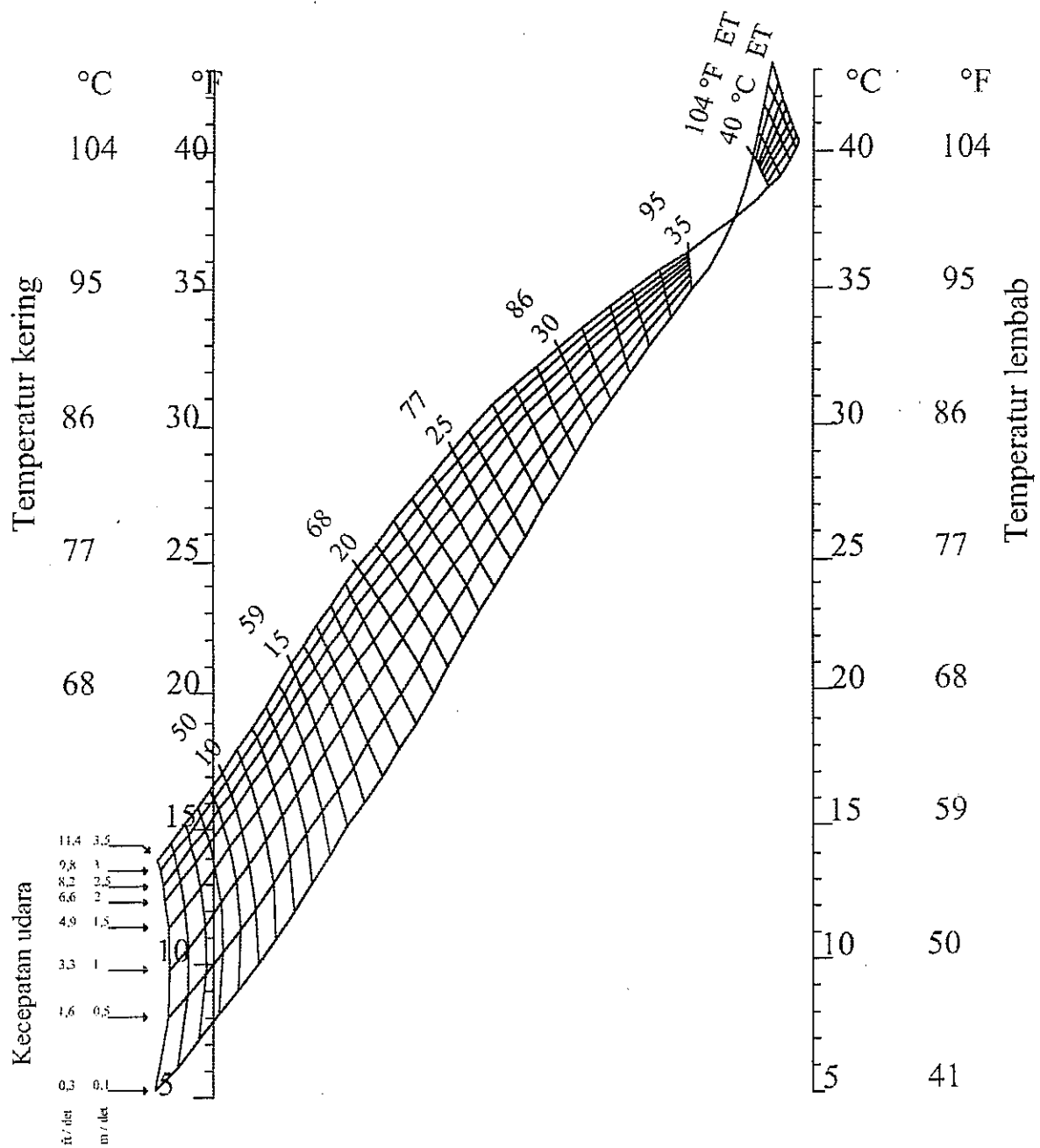
Sumber: Lippsmeier, 1980: 59

UPT-PUSTAK-UNDIP



Gambar 2.2. Diagram Psikometri

Sumber: David Egan, 1975: 58



Gambar 2.3. Diagram Temperatur Efektif

Sumber: Lippsmeier, 1980: 58

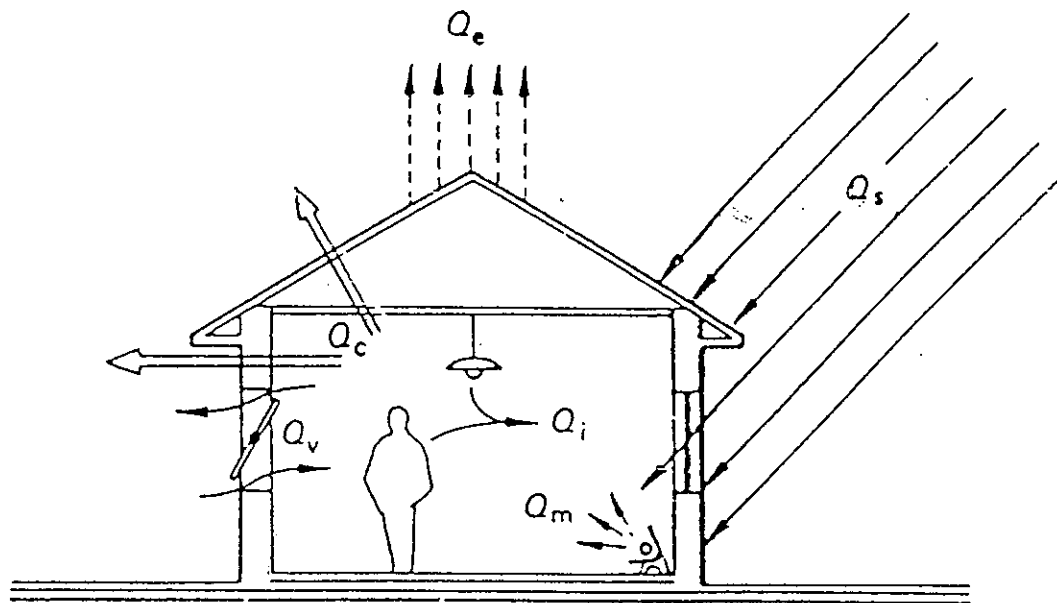
2.4. KESETIMBANGAN THERMAL

Sisitem thermal pada bangunan di pengaruhi oleh beberapa aliran panas utama:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0 \dots\dots\dots (1)$$

- Q_i : *Internal heat gain*, panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia, dan alat-alat rumah tangga seperti lampu, kompor, komputer dan lainnya (nilai selalu positif, selalu mengakibatkan panas).
- Q_s : *Solar heat gain*, panas yang diterima oleh bidang (nilai selalu positif, selalu mengakibatkan panas).
- Q_c : *Conduction heat gain*, panas yang diterima (nilai positif) atau panas yang dilepaskan (nilai negatif) oleh elemen bangunan.
- Q_v : *Ventilation heat gain*, panas yang diterima (nilai positif) atau panas yang dilepaskan (nilai negatif) karena terjadinya pertukaran udara antara luar bangunan dan dalam bangunan.
- Q_m : *Mechanical heating*, bila terjadi pemanasan oleh mesin pemanas maka nilai positif dan bila terjadi pendinginan oleh mesin pendingin maka nilai negatif.
- Q_e : *Evaporative cooling*, pendinginan karena proses evaporasi (nilai selalu negatif).

Pada saat terjadi kondisi kesetimbangan thermal, atau total dari semua faktor tersebut diatas sama dengan nol, maka temperatur di dalam bangunan adalah stabil. Bila nilai penjumlahan lebih besar dari nol, maka temperatur ruangan akan selalu meningkat (menjadi semakin panas). Sedangkan bila nilai penjumlahan lebih kecil dari nol, maka temperatur ruangan selalu mengalami penurunan (menjadi semakin dingin).



Gambar 2.4.

Sumber: Szocolay; 1980

2.6. PERPINDAHAN PANAS

Menurut Maxwell dan Jane (Fry *and* Drew, 1956), iklim dapat mempengaruhi manusia dan bangunan. Indonesia yang berada di daerah tropis panas-lembab mempunyai karakteristik iklim sebagai berikut; tanah yang basah dengan muka air tanah yang tinggi, gerakan udara yang lambat dan hujan yang lebat, resiko korosi yang tinggi untuk logam (terutama pada kawasan pantai), kelembaban tinggi. Sehingga bahan bangunan pada kawasan tropis panas-lembab harus tidak menyerap air, tahan terhadap korosi, dan mempunyai *time lag* perpindahan panas yang pendek.

Salah satu elemen bangunan yang mempunyai fungsi penting dan harus dapat merespon kondisi tersebut adalah dinding. Lippsmeier (Lippsmeier, 1994) menyatakan bahwa dinding bangunan berfungsi sebagai: stabilitas bangunan, perlindungan terhadap hujan, angin, dan debu, perlindungan terhadap radiasi matahari secara langsung, perlindungan terhadap dingin, perlindungan terhadap kebisingan, pengaman terhadap gangguan manusia dan hewan. Bangunan yang memakai ventilasi alamiah lebih baik menggunakan bahan bangunan yang berpori dan dapat menyalurkan kembali panas yang diterimanya dan panas yang terbentuk didalam ruangan.

Berdasarkan media perantaranya, perpindahan panas dari suatu tempat ke tempat lain dapat terjadi melalui tiga cara;

- Konduksi
- Konveksi
- Radiasi

2.6.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan atau penyebaran panas di dalam suatu obyek atau dari suatu obyek ke obyek lain karena hubungan (kontak) langsung, melalui suatu medium perantara. Dalam hal ini obyek tidak berpindah, hanya panasnya saja yang berpindah.

Arus perpindahan panas secara konduksi pada pada suatu benda dipengaruhi oleh;

- luas benda (obyek) yang tegak lurus pada arah perpindahan panas.
- ketebalan obyek atau jarak antar obyek.
- perbedaan temperatur antara dua titik yang diukur (umumnya antara tempertatur di luar bangunan dengan di dalam bangunan).
- karakteristik material atau konduktivitas bahan dari obyek atau medium.

Secara matematis dapat dirumuskan sebagai (Szokolay, 1980; 255):

$$Q_c = k A \frac{\Delta t}{b} \dots\dots\dots (2)$$

Q_c : arus konduksi panas (Watt)

k : konduktivitas panas obyek ($\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$)

A : luas penampang obyek (m^2)

Δt : perbedaan temperatur ($^\circ C$)

b : ketebalan obyek atau medium (m)

Persamaan (1) dapat juga dituliskan (Szokolay, 1980; 255):

$$Q_c = C A \Delta t \dots\dots\dots (3)$$

Q_c : arus konduksi panas (Watt)

C : konduktivitas bahan ($\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$)

A : luas penampang obyek (m^2)

Δt : perbedaan temperatur ($^\circ C$)

Jika perpindahan panas terjadi melalui dinding yang berlapis pada arah horizontal, maka resistensi panas dinding ditulis sebagai berikut (Szokolay, 1980; 256):

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = r_1 b_1 + r_2 b_2 + \dots + r_n b_n = b_1/k_1 + b_2/k_2 + \dots + b_n/k_n \dots\dots (4)$$

R : resistensi total dinding ($\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$)

r_i : resistensi tiap lapisan bahan dinding ($\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$)

b_i : ketebalan tiap lapisan bahan (m)

i : bahan ke 1, 2, ..., dst

2.6.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas melalui suatu medium perantara yang bergerak (mengalir) seperti udara atau fluida cair. Dalam hal media perantara (pembawa) ikut berpindah.

Perpindahan panas secara konveksi dapat dituliskan sebagai berikut (Szokolay, 1980; 256):

$$Q_v = h_c A \Delta t \dots\dots\dots (5)$$

Q_v : perpindahan konveksi (aliran panas melalui ventilasi) (Watt)

h_c : koefisien konveksi

A : luas penampang aliran (m^2)

Δt : perbedaan temperatur ($^\circ C$)

Pada pengertian yang lebih luas, 'konveksi' termasuk di dalamnya perpindahan panas oleh fluida pembawanya dari suatu permukaan ke permukaan lain pada tempat yang jauh. Transformasi panas secara konveksi ini dapat dirumuskan sebagai berikut (Szokolay, 1980; 256):

$$Q_v = m c_p \Delta t_i \dots\dots\dots (6)$$

m : massa persatuan waktu (kg/ s)

c_p : panas spesifik (J/ kg $^\circ C$)

Δt_i : perbedaan temperatur ($^\circ C$) antara sumber panas dan penerima

Untuk menghitung besarnya pertukaran udara melalui bukaan pada suatu ruang di dalam bangunan dapat dirumuskan sebagai berikut (Szocolay, 1980; 304):

$$Q_v = 1200 \times vr \times \Delta t \dots\dots\dots (7)$$

vr : ventilation rate (m^3/s)

1200 : volumetric specific heat capacity ($J/m^3 \text{ } ^\circ C$)

Δt : perbedaan temperatur ($^\circ C$)

Jika ventilasi dispesifikan sebagai jumlah pertukaran udara tiap jam, maka *ventilation rate* dapat dirumuskan sebagai (Szocolay, 1980; 304):

$$vr = \frac{N \times V}{3600} \dots\dots\dots (8)$$

N : Jumlah pertukaran tiap jam

V : Volume ruang (m^3)

2.6.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi panas mengacu kepada panjang gelombang infra-merah dari sinar matahari, yaitu pada spektrum gelombang radiasi elektro magnet gelombang pendek infra-merah dan gelombang panjang infra-merah, meskipun sesungguhnya panjang gelombang yang lain juga mempunyai efek panas. Mengingat gelombang elektro magnet tidak membutuhkan medium perantara dalam menempuh suatu jarak (berpindah), maka perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas dengan cara pancaran yang terjadi tanpa medium perantara. Panas yang terpancar dari suatu benda dapat dirumuskan sebagai berikut (Szokolay, 1980; 257):

$$E_b = \sigma (T/100)^4 \dots\dots\dots (9)$$

- E_b : rapat pancaran panas
 σ : konstanta Stefan-Boltzman (5,67 W/ m² K⁴)
 T : temperatur absolut (°K)

2.7. TIME LAG

Saat energi panas jatuh pada permukaan dinding, partikel-partikel pada lapisan pertama akan menyerap sejumlah panas sebelum panas diteruskan kepada lapisan berikutnya. Ini akan menyebabkan efek penundaan, sehingga temperatur puncak dari lingkungan baru dirasakan di dalam ruangan beberapa waktu kemudian.

Menurut Egan, material bangunan dengan massa yang massif dan berat mempunyai *time lag* yang besar. Sebagai akibatnya akan tercipta kondisi yang lebih stabil. Beberapa contoh pengaruh tebal material terhadap *time lag* adalah sebagai berikut:

Bahan	Ketebalan (inci)	Nilai – U	<i>Time lag</i>
Bata (umum)	4	0,61	2,5 jam
	8	0,41	5,5 jam
	12	0,31	8,5 jam
Kayu	0,5	0,69	10 menit
	1	0,47	25 menit
	2	0,3	1 jam

Tabel 02

Sumber: David Egan, 1975: 84

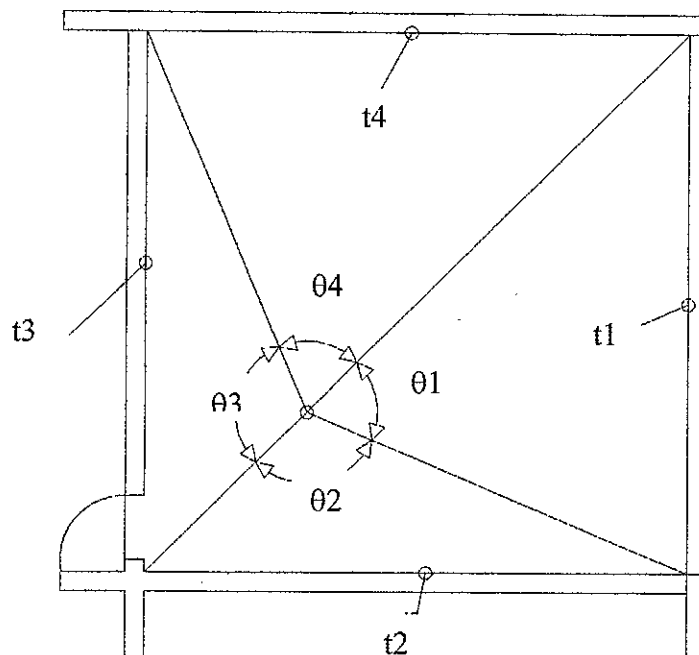
2.8. MRT

MRT atau *Mean Radiant Temperature* adalah rata-rata dari beberapa pengaruh radiant dalam sebuah ruangan. Perhitungan MRT ini memadai untuk ruangan yang tertutup dengan asumsi pengaruh dari langit-langit dan lantai dihilangkan atau tidak ada. Hal ini dapat dihitung dengan rumus (David Egan, 1975: 6):

$$MRT = \frac{\sum t\theta}{360} = \frac{t_1\theta_1 + t_2\theta_2 + \dots + t_n\theta_n}{360} \dots\dots\dots(10)$$

t : temperatur permukaan (°C)

θ : sudut pembukaan permukaan (relatif terhadap pemakai) dalam derajat.



Gambar 2.5.

Sumber: David Egan, 1975: 6

BAB III

KERANGKA PENELITIAN

3.1. METODA PENELITIAN

Penelitian pada dasarnya merupakan cara pengumpulan data dari sejumlah unit atau individu dalam periode tertentu yang bersamaan (Winarno Surachmad, 1972: 11). Dan dalam penelitian digunakan metoda tertentu. Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda penelitian kuantitatif.

Metoda penelitian kuantitatif menuntut adanya rancangan penelitian yang menspesifikan obyeknya secara eksplisit dieliminasi dari obyek-obyek lain yang tidak diteliti. Metode penelitian kuantitatif membatasi sejumlah tata fikir logik tertentu, yaitu korelasi, kausalitas, dan interaktif; sedangkan obyek data ditata dalam tatafikir katagorisasi, interfalisasi, dan kontinuitas (Noeng Muhadjir, 2000:12).

Lebih jauh lagi Noeng Muhadjir menjelaskan bahwa metode penelitian kuantitatif dimulai dengan penetapan obyek studi yang spesifik, dieliminasi dari totalitas atau konteks besarnya; sehingga jelas obyek studinya. Kemudian disusun suatu kerangka teori yang sesuai dengan obyek studi spesifiknya. Dari sini dimunculkan hipotesis atau problematik penelitian, instrumenisasi pengumpulan data, dan teknik sampling serta teknik analisisnya; juga rancangan metodologik lain seperti penetapan batas signifikansi, teknik penyesuaian bila ada kekurangan atau kekeliruan dalam hal data, administrasi, analisis, dan semacamnya. Noeng Muhadjir menjelaskan bahwa sebagai konsekuensi mendasar dalam metode penelitian kuantitatif adalah kerangka teori dirumuskan sespesifik mungkin, dan menolak suatu ulasan yang meluas yang tidak langsung relevan.

Sesuai dengan judul terpilih 'Peranan Dinding dan Bukaan Dinding Masjid Agung Demak terhadap Kondisi thermal Ruang Shalat Utama', peneliti mendefinisikan peranan dinding sebagai:

- Seberapa besar tercipta perbedaan temperatur permukaan antara dinding luar dengan dinding dalam.
- Seberapa berpengaruh ragam lapisan terhadap perbedaan temperatur permukaan dinding dan *time lag*.
- Menyebabkan *time lag* yang lama.
- Seberapa signifikan dinding dan bukaan dinding dalam mempengaruhi kondisi thermal di dalam ruang shalat utama.

Guna mengetahui peranan dinding dan bukaan dinding pada Masjid Agung Demak, dilakukan pengukuran temperatur permukaan dinding. Pengukuran dilakukan pada orientasi Barat, utara, timur, dan selatan bangunan. Masing-masing dinding masif (tidak termasuk bukaan) terdapat 12 titik pengukuran, yaitu 6 pada permukaan luar dan 6 pada permukaan dalam, sehingga total terdapat 48 titik pengukuran.

Selain data temperatur permukaan dinding, juga diukur temperatur udara, kelembaban udara, dan pergerakan udara pada lingkungan dan di dalam bangunan (ruang shalat utama). Titik pengukuran lingkungan terdapat pada sisi timur, pada serambi masjid, pada sisi utara, pada sisi selatan, dan pada sisi barat. Dan terdapat satu titik pengukuran di dalam ruangan, yaitu tepat pada tengah-tengah ruangan. Sehingga total terdapat 6 titik pengukuran temperatur udara, kelembaban udara, dan pergerakan udara.

Pendekatan yang digunakan untuk mengetahui pengaruh ragam lapisan terhadap besar perbedaan temperatur antara dinding luar dengan dinding dalam dan *time lag* adalah metoda kualitatif, yaitu dari data kuantitatif yang diperoleh dijabarkan menjadi bentuk grafik yang akan diperbandingkan dan dijelaskan secara deskriptif.

Demikian pula untuk mengetahui signifikan atau tidaknya dinding dalam mempengaruhi temperatur di dalam ruang akan digunakan metoda kualitatif. Akan digunakan suatu grafik untuk membandingkan dan diperkuat dengan statistik.

3.2. VARIABEL KAJIAN

Variabel yang diamati digolongkan menjadi dua, yaitu ;

3.2.1. Variabel Bebas

Merupakan variabel yang berperan mempengaruhi munculnya variabel lain. Yang menjadi variabel bebas dari penelitian ini adalah dinding dan bukaan dinding. Variabel indikator dari konstruksi dinding adalah bahan, tebal bahan, ragam lapisan pembentuk dinding, tekstur, dan warna.

Dalam hal ini yang menjadi fokus penelitian adalah ketebalan dan ragam lapisan dinding.

3.2.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang menerima atau menyesuaikan diri dengan kondisi variabel yang lain, dalam hal ini dipengaruhi oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah akibat dari variabel bebas, yaitu; besarnya perbedaan temperatur permukaan dinding, *time lag*, temperatur efektif, serta signifikan atau tidaknya dinding dan bukaan dinding dalam mempengaruhi kondisi thermal di dalam ruang sahlut utama.

Variabel temperatur permukaan dinding dipengaruhi secara langsung dan tidak langsung oleh pembayangan, radiasi matahari langsung, dan temperatur lingkungan. Sedangkan variabel temperatur ruangan selain tiga hal tersebut, juga dipengaruhi oleh kelembaban relatif dan pergerakan udara.

Variabel yang dipilih untuk menguji hipotesis adalah variabel terikat, yaitu:

- Temperatur permukaan dinding
- Temperatur efektif ruang shalat utama

Sudut dan posisi matahari serta data kecerahan langit merupakan data pendukung untuk menjelaskan kondisi cuaca saat pengukuran.

3.2.3. Alat Kontrol

Alat kontrol disini berfungsi sebagai pengontrol variabel, mengendalikan agar variabel terikat yang muncul bukan karena pengaruh variabel lain tetapi karena variabel bebas yang telah ditentukan, sehingga penelitian tidak mengalami bias.

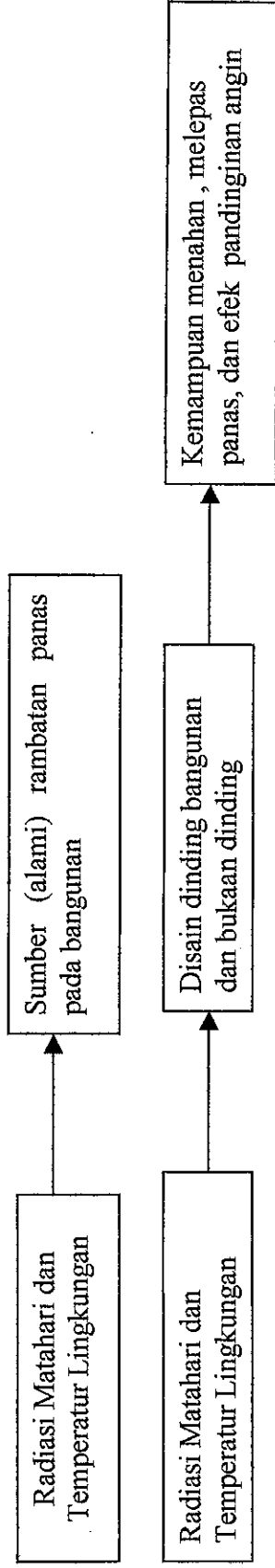
Untuk mengetahui pengaruh ragam lapisan terhadap perbedaan temperatur permukaan dan *time lag* hanyalah data mengenai selisih temperatur permukaan dinding, sehingga yang digunakan sebagai alat kontrolnya adalah analisis perbandingan antara dinding dengan lapisan keramik dengan yang tanpa lapisan.

Untuk menentukan apakah pengaruh ragam lapisan di dalam ruangan menciptakan kenyamanan thermal atau tidak akan digunakan diagram temperatur efektif dan diagram bioklimatik (diagram *comfort zone*) sebagai alat kontrolnya.

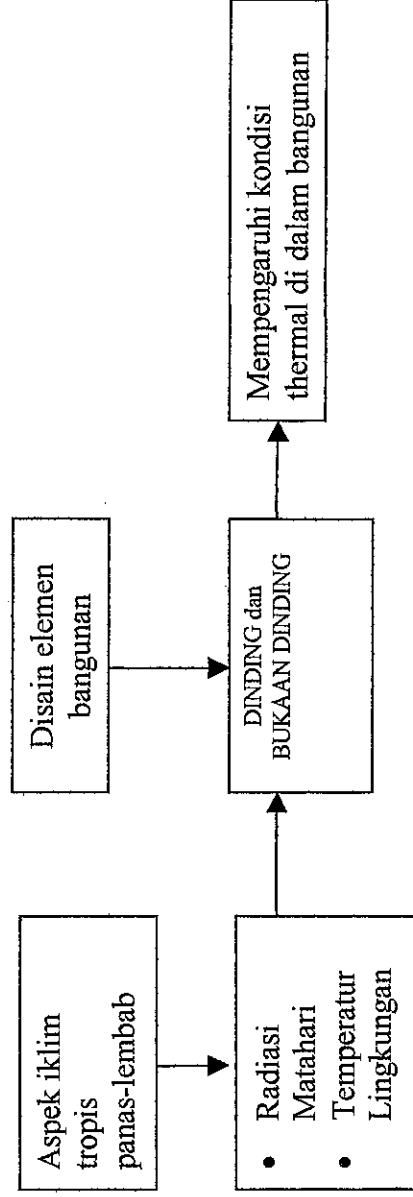
Untuk menentukan signifikan atau tidaknya dinding dan bukaan dinding dalam mempengaruhi kondisi thermal di dalam bangunan akan digunakan analisis perbandingan nilai temperatur efektif antara bangunan tanpa dinding (Kondisi A), bangunan dengan dinding dan bukaan dinding (Kondisi B), dan bangunan tanpa bukaan (kondisi C). Analisis ini kemudian akan diperkuat dengan statistik.

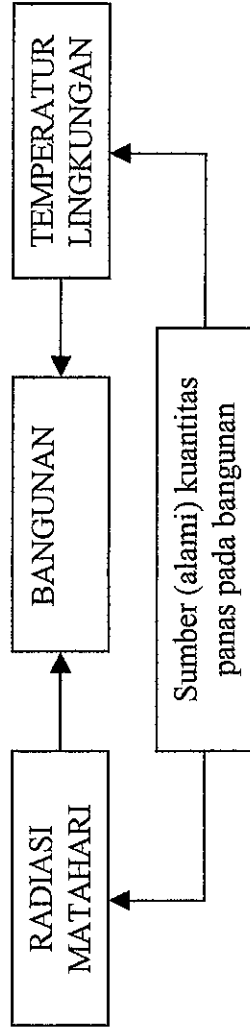
3.3. SKEMA KERANGKA PENELITIAN

3.3.1. Latar Belakang

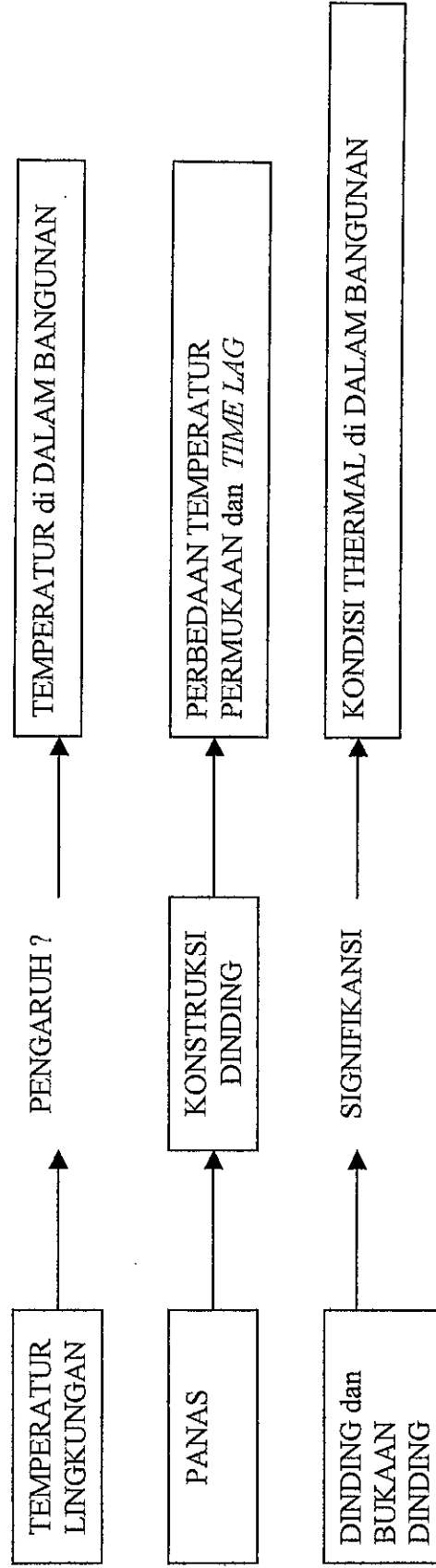


3.3.2. Rumusan Masalah

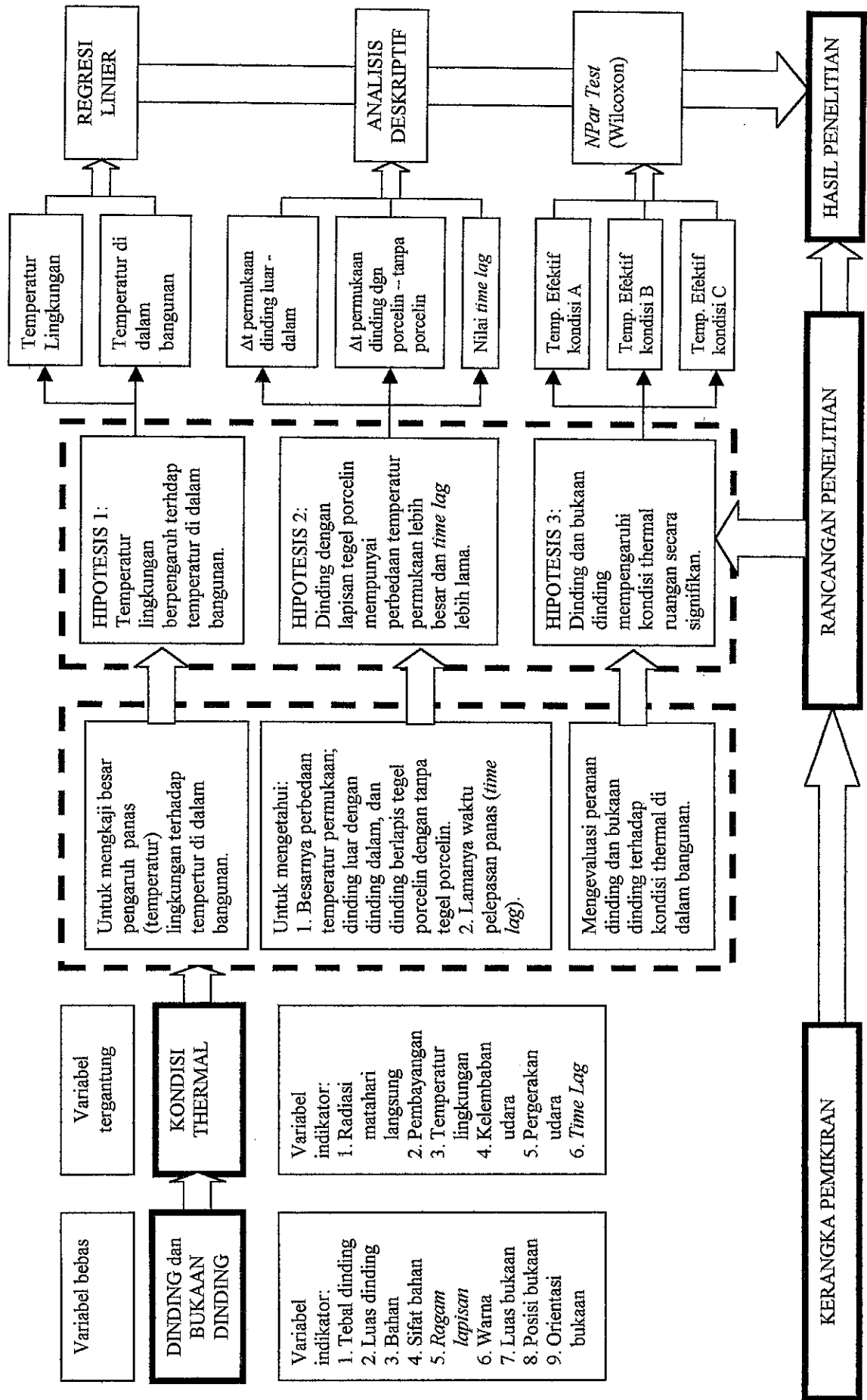




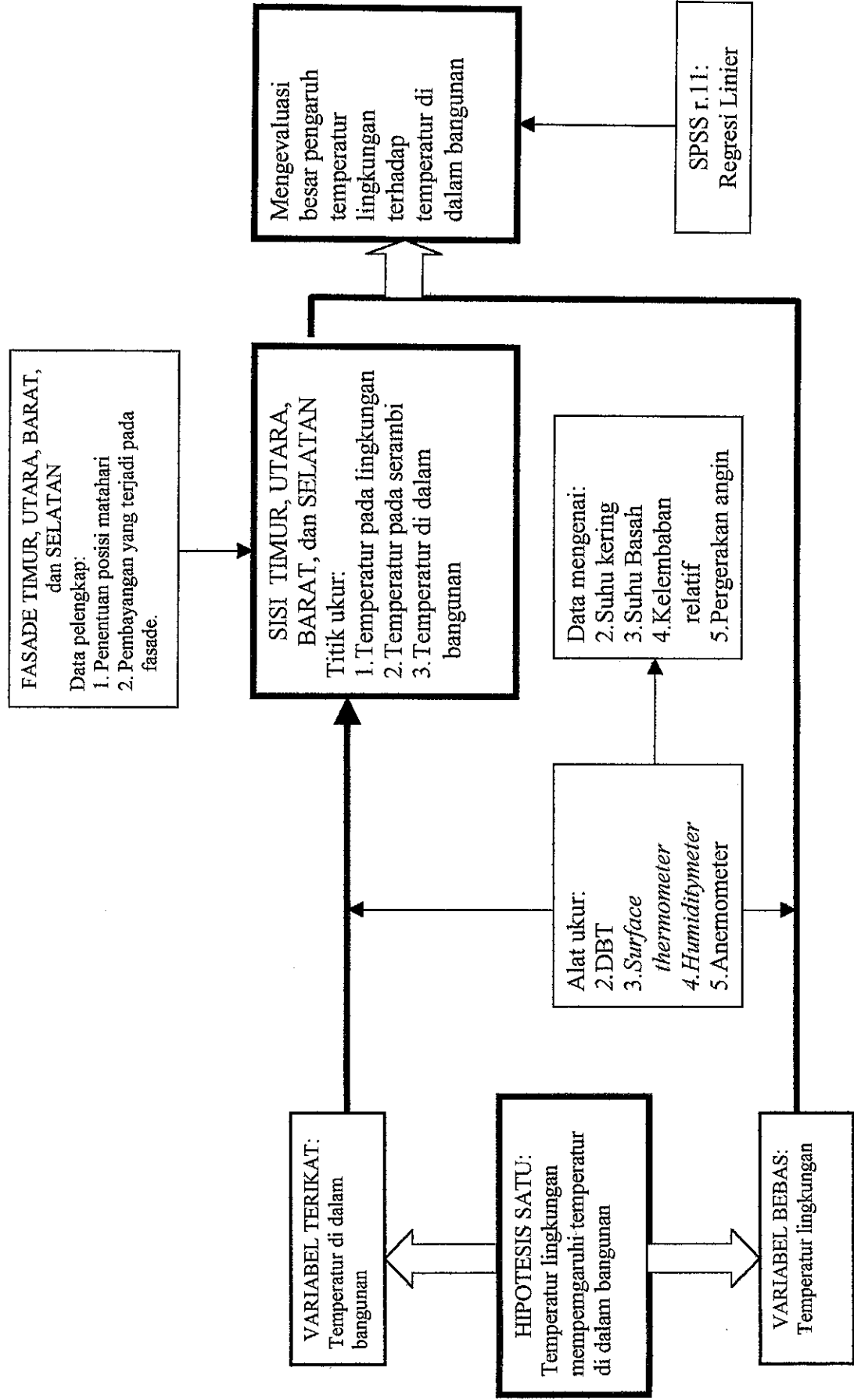
3.3.3. Permasalahan



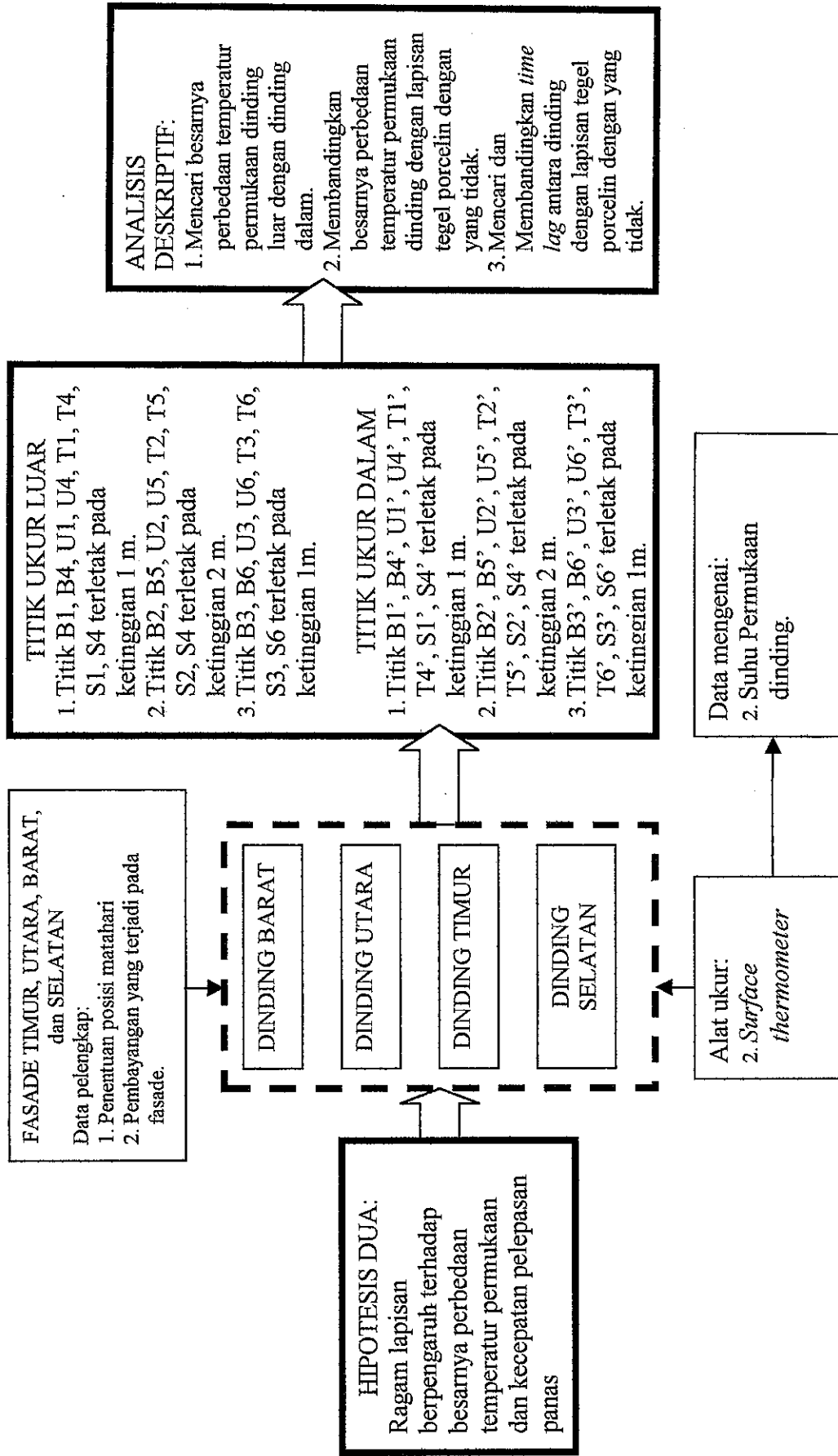
3.3.4. Alur Pikir Penelitian



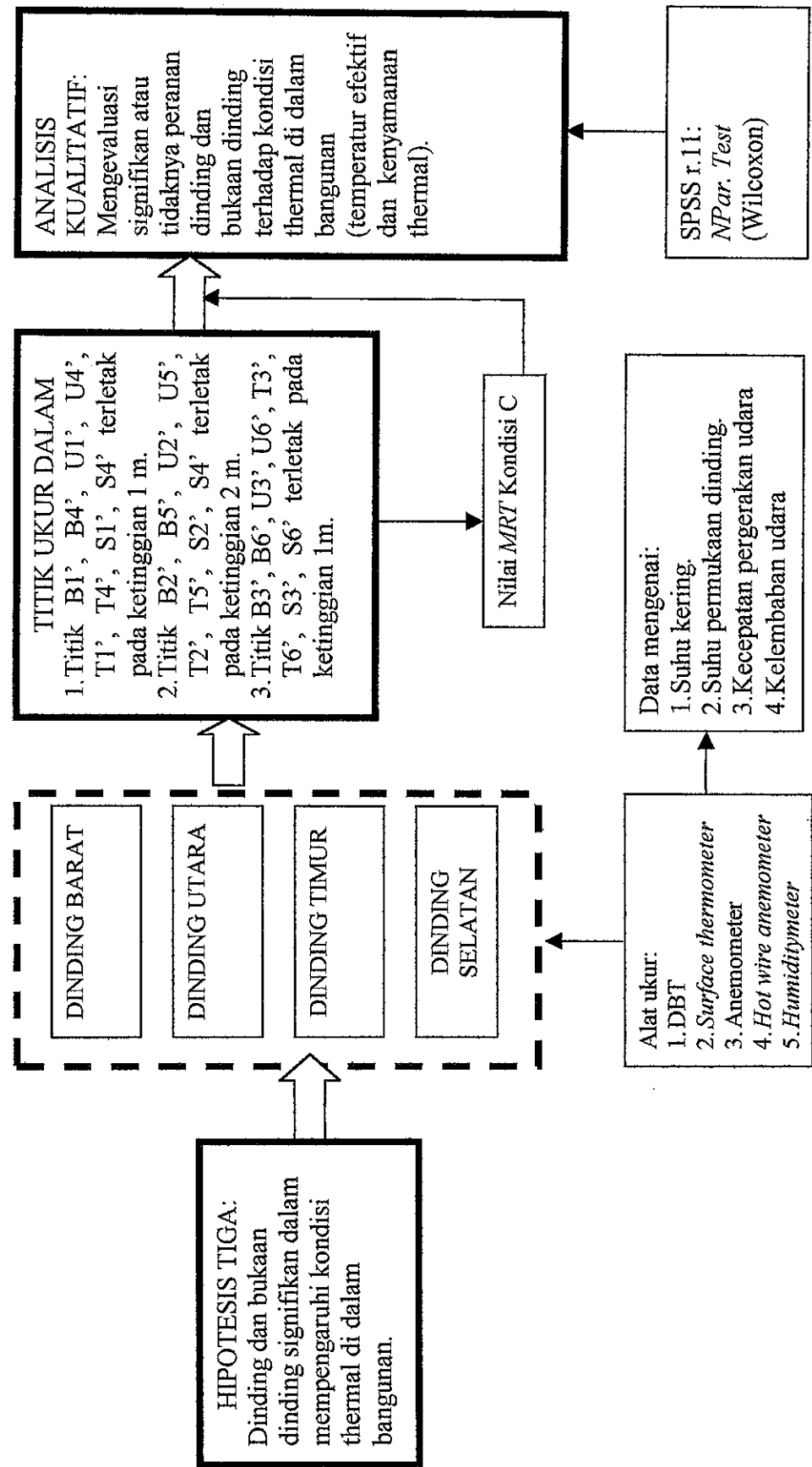
3.3.5. Uji Hipotesis Satu



3.3.6. Uji Hipotesis Dua



3.3.7. Uji Hipotesisi Tiga



3.4. LANGKAH PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian meliputi:

1. Deskripsi mengenai latar belakang dan perumusan masalah dari penelitian.
2. Pembatasan obyek penelitian terhadap obyek-obyek lain yang tidak diteliti.
3. Menyusun variabel-variabel permasalahan dari obyek penelitian serta membatasi korelasi, kasualitas, dan interaktif dengan obyek-obyek lainnya.
4. Pengumpulan data-data primer dan data-data sekunder. Data primer didapat melalui kegiatan pengumpulan data-data di lapangan, termasuk didalamnya data pengukuran. Data-data sekunder meliputi teori-teori mengenai karakteristik iklim tropis, fisika bangunan, respon alami bangunan tropis, orientasi bangunan, pembayangan dan data kondisi cuaca dari Badan Meteorologi.
5. Pengukuran

Untuk mengetahui kemampuan menahan dan melepas panas konstruksi dinding dan pergerakan udara di dalam ruangan Masjid Agung Demak, dilakukan pengukuran temperatur permukaan luar dan dalam dinding untuk setiap orientasi fasade, serta pengukuran pergerakan udara pada lingkungan dan di dalam ruangan. Untuk mengetahui secara tepat pengukuran obyek penelitian, maka dilakukan pengukuran dengan selang waktu pengukuran setiap 2 jam, yaitu mulai pukul 7.00 kemudian 9.00, 11.00 dan seterusnya sampai 17.00. Pengukuran dilakukan pada musim kemarau, yaitu bulan Mei.

Data kuantitatif temperatur udara diukur menggunakan *dry bulb thermometer* untuk mendapatkan temperatur di dalam bangunan, temperatur pada surambi, dan temperatur pada lingkungan. Selain itu akan dilakukan pengukuran untuk mendapatkan data kelembaban udara dan pergerakan angin di lapangan, sedangkan data dari Badan Meteorologi merupakan sebagai data penunjang.

Untuk pengukuran data-data temperatur udara (temperatur kering), kelembaban udara, dan pergerakan udara dilakukan pada 5 titik pengukuran pada lingkungan dan 1 titik pengukuran di dalam ruangan.

Untuk data-data temperatur permukaan dinding, akan dilakukan pada sisi barat, utara, timur, dan selatan. Terdapat 12 titik pengukuran untuk tiap orientasi fasade (total 48 titik pengukuran permukaan dinding).

a. Uji hipotesis 1

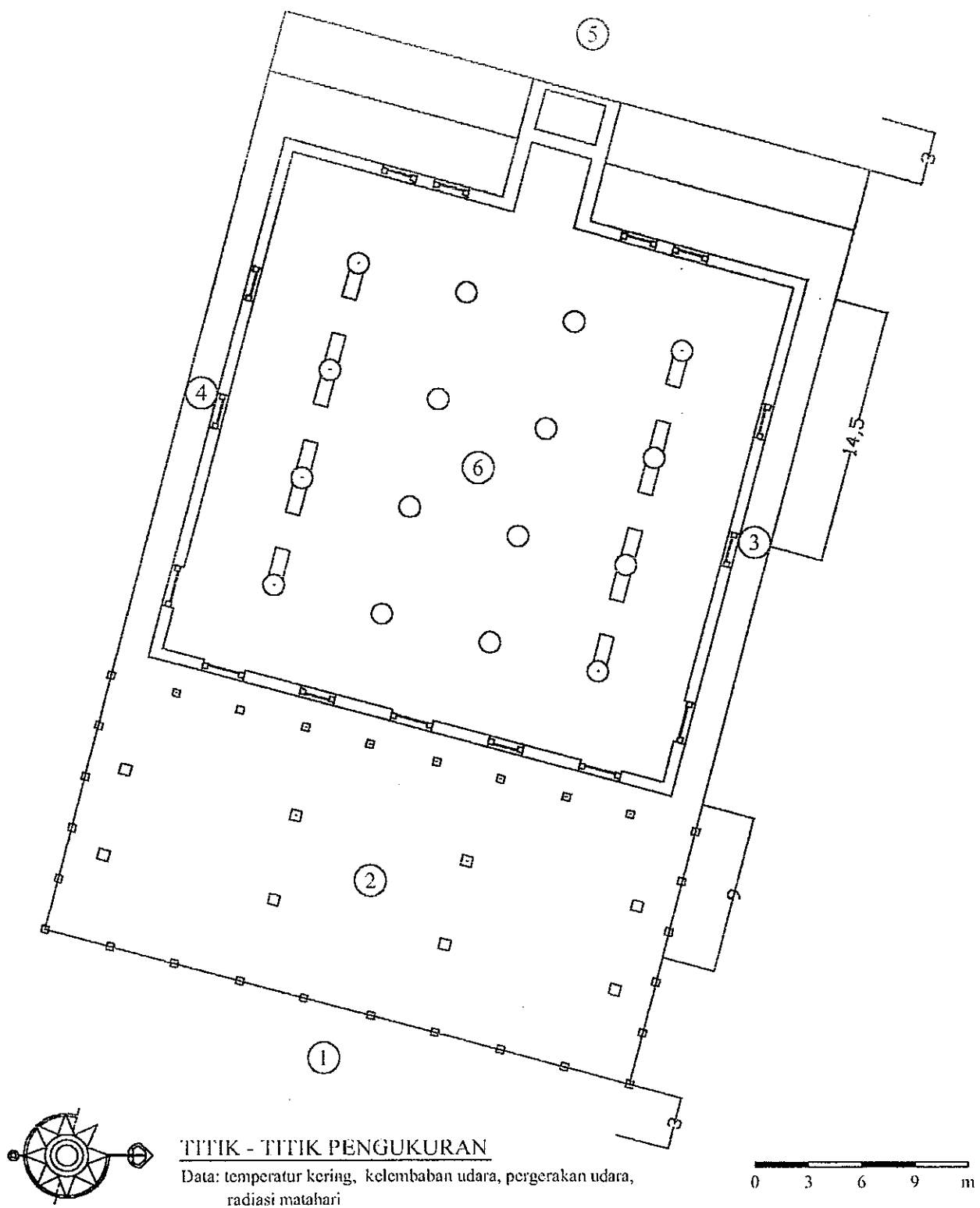
Titik pertama adalah pada lingkungan, yaitu pada sisi timur masjid, pada area perkerasan. Titik kedua adalah pada serambi, yaitu tepat di tengah-tengah serambi. Titik ketiga terletak pada koridor luar sebelah utara ruang shalat utama. Titik keempat terletak pada koridor luar sebelah selatan ruang shalat utama. Titik kelima terletak pada lingkungan sebelah barat bangunan (sebelah barat ruang shalat utama). Di dalam bangunan terdapat 1 titik pengukuran, yaitu tepat di tengah-tengah ruang shalat utama (lihat gambar 3.1.).

Pada keenam titik pengukuran tersebut akan diukur mengenai:

- 1) Temperatur kering dengan menggunakan temperatur udara (*drybulb thermometer*).
- 2) Kelembaban udara dengan higrometer (*humiditymeter*).
- 3) Kecepatan pergerakan udara dengan anemometer dan *hot wire anemometer*.

b. Uji hipotesis 2

Terdapat 48 titik pengukuran permukaan dinding, 3 pintu, dan 4 jendela. Masing-masing dinding (barat, utara, timur, dan selatan) terdiri atas 12 titik pengukuran, yang terdiri dari 6 titik pada sisi luar dinding dan 6 titik pada sisi dalam dinding. Letak titik pengukuran secara vertikal adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Titik Pengukuran

Sumber: Peneliti, 2003.

- Titik 1 dan 4 terletak pada ketinggian 1m dari lantai.
- Titik 2 dan 5 terletak pada ketinggian 2m dari lantai.
- Titik 3 dan 6 terletak pada ketinggian 3m dari lantai.

Sedangkan secara horizontal, letak titik pengukuran adalah sebagai berikut:

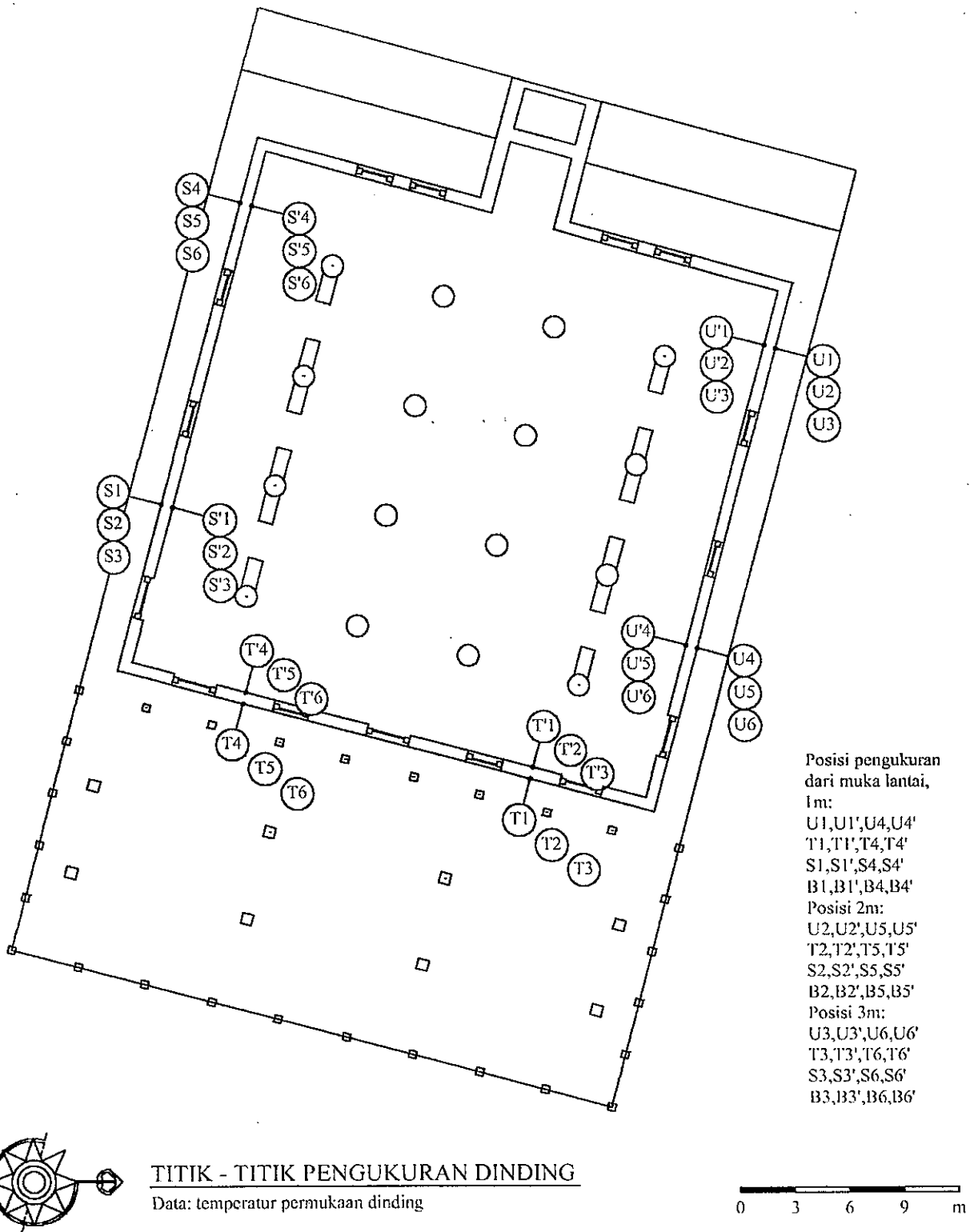
- Titik 1, 2 dan 3 terletak pada sisi kanan fasade (dilihat dari luar).
- Titik 4, 5, 6 terletak pada sisi kiri fasade (dilihat dari luar).

Untuk titik pengukuran dinding sisi dalam, titik pengukuran tetap sama tetapi dengan notasi 1' untuk lokasi tepat dibalik titik pengukuran 1, 2' untuk lokasi tepat dibalik titik pengukuran 2, dan seterusnya. Untuk membedakan anantara orientasi dinding yang satu dengan yang lain akan digunakan notasi B untuk barat, U untuk utara, T untuk timur, dan S untuk selatan, sehingga titik pengukuran 1 pada dinding timur akan mempunyai notasi T1.

Data pengukuran yang dicari adalah temperatur permukaan dinding untuk tiap titik pengukuran (lihat gambar 3.2., gambar 3.3., dan gambar 3.4.).

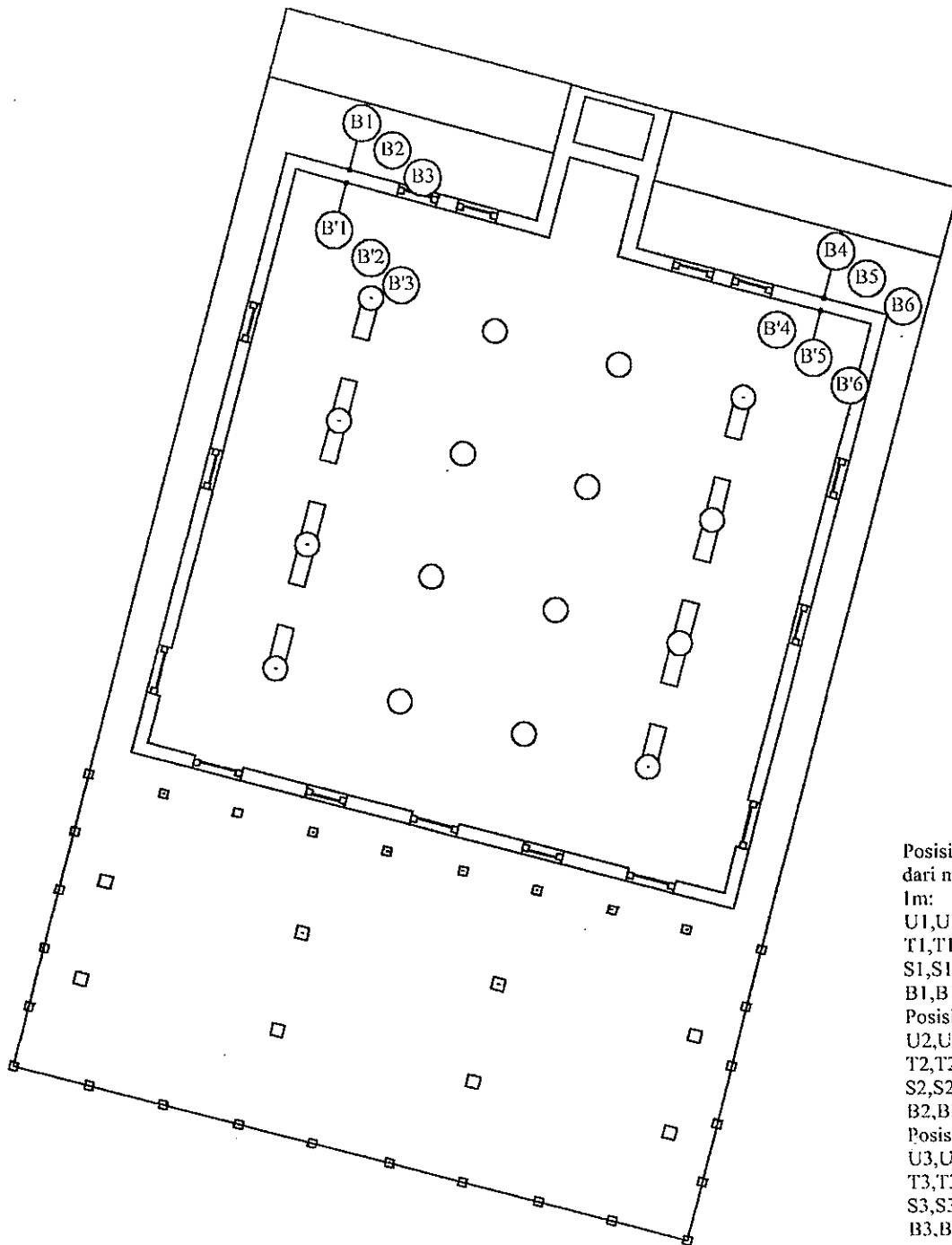
c. Uji hipotesis 3

Titik pengukuran dilakukan pada lokasi yang dijelaskan pada gambar 3.1. Data yang dicari adalah temperatur udara (temperatur kering), kelembaban udara, dan pergerakan udara pada titik pengukuran yang ditentukan. Titik pengukuran temperatur udara (temperatur kering), kelembaban udara dan pergerakan udara sama dengan titik pengukuran pada uji hipotesis 1 (lihat gambar 3.1.).



Gambar 3.2. Titik Ukur Dinding
 Sumber: Peneliti, 2003.

UPT-PUSTAK-UNDIP



Posisi pengukuran
dari muka lantai,
1m:

U1,U1',U4,U4'

T1,T1',T4,T4'

S1,S1',S4,S4'

B1,B1',B4,B4'

Posisi 2m:

U2,U2',U5,U5'

T2,T2',T5,T5'

S2,S2',S5,S5'

B2,B2',B5,B5'

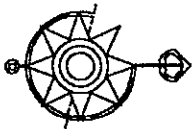
Posisi 3m:

U3,U3',U6,U6'

T3,T3',T6,T6'

S3,S3',S6,S6'

B3,B3',B6,B6'



TITIK - TITIK PENGUKURAN DINDING

Data: temperatur permukaan dinding

0 3 6 9 m

Gambar 3.3. Titik Ukur Dinding

Sumber: Peneliti, 2003.

6. Analisis yang bertujuan untuk pembuktian hipotesis dan pengambilan suatu kesimpulan dilakukan berdasarkan data pengukuran dan analisis formulasi teoritis:

a. Uji hipotesis 1

Data pengukuran mengenai:

- 1) Temperatur kering lingkungan (titik pengukuran 1) merupakan data pembandingan terhadap temperatur kering pada titik pengukuran di dalam bangunan. Dari data-data tersebut akan dianalisis mengenai bagaimana pola perubahan temperatur lingkungan dan temperatur di dalam bangunan, bagaimana perubahan lingkungan berpengaruh pada temperatur di dalam bangunan.
- 2) Kelembaban udara merupakan data yang bersama data temperatur kering digunakan untuk mencari nilai data temperatur basah, yaitu melalui *psycometric diagram* (diagram psikometri) (Lippsmeier, 1980: 58). Dengan di dapatnya nilai temperatur basah untuk tiap waktu pengukuran dan tiap titik pengukuran, maka dengan menggunakan diagram temperatur efektif akan didapat nilai temperatur efektif-nya.
- 3) Untuk mengetahui tingkat pengaruh temperatur lingkungan terhadap kondisi ruang shalat utama akan digunakan regresi linier (regresi sederhana) dengan menggunakan SPSS (*statistical product for service solution*) release 11.

b. Uji hipotesis 2

Tiap sisi dinding (luar dan dalam) terdapat 6 titik pengukuran, yang terbagi atas 3 ketinggian (dari lantai), yaitu pada ketinggian 1m, 2m, dan 3m. Untuk masing-masing ketinggian akan dibuat rata-rata untuk tiap waktu pengukuran. Kemudian rata-rata temperatur permukaan dinding luar dibandingkan dengan rata-rata temperatur permukaan dinding dalam (untuk tiap dinding sisi barat, utara, timur, dan selatan). Dari pembandingan tersebut akan dapat dilihat besarnya perbedaan temperatur permukaan

dinding luar dengan dinding dalam. Data mengenai besarnya perbedaan temperatur tersebut akan digunakan untuk mengetahui:

- 1) Rata-rata perbedaan temperatur antara permukaan dinding luar dengan dinding dalam, untuk dinding dengan lapisan tegel porselin dan yang tidak.
- 2) Kecepatan pelepasan panas (*time lag*) dinding untuk dinding dengan lapisan tegel porselin dan yang tidak.
- 3) Melakukan evaluasi terhadap kedua data tersebut diatas untuk mengetahui mana yang lebih baik dalam menyebabkan perbedaan temperatur permukaan dinding dan *time lag*.

c. Uji hipotesis 3

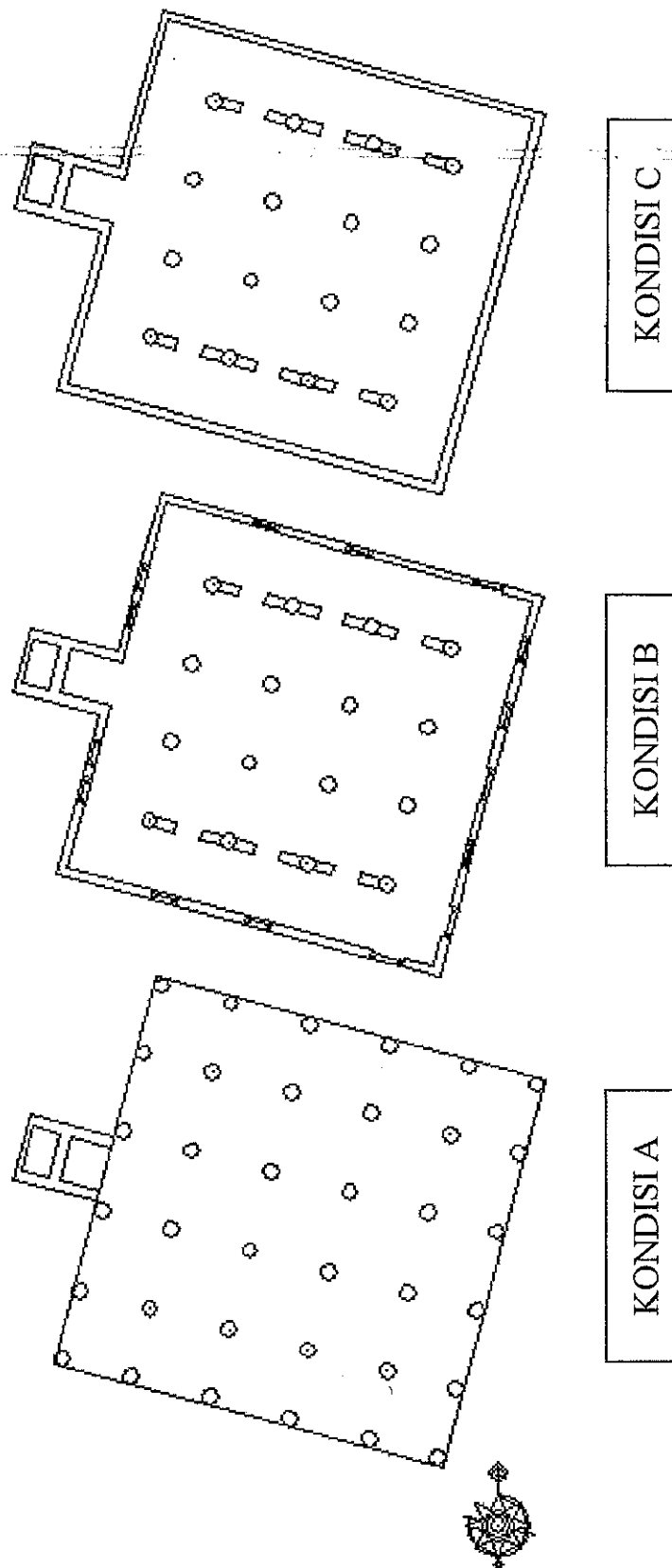
Untuk menganalisis signifikansi peranan dinding terhadap temperatur di dalam bangunan akan digunakan analisis kualitatif, yaitu dengan cara perbandingan.

- 1) Kondisi pertama (Kondisi A) adalah seperti masjid di Jambi (Masjid Tiang Seribu), maka mesjid tidak mempunyai dinding, sehingga pada kondisi demikian dianggap dinding mempunyai peranan 0% tetapi pergerakan udara berperan 100% terhadap kondisi thermal di dalam ruangan. Pada kondisi ini temperatur di dalam bangunan akan mendekati temperatur lingkungan.
- 2) Kondisi kedua (Kondisi B), adalah kondisi masjid yang menjadi objek penelitian. Dimana temperatur di dalam bangunan tidak hanya dipengaruhi oleh dinding tetapi juga oleh variabel lain, yaitu pergerakan udara di dalam bangunan. Untuk mengetahui % peran dinding dan bukaan dinding (bukaan dinding menyebabkan terjadinya pergerakan udara di dalam bangunan) akan diukur dengan perbandingan. Data yang dimiliki untuk mendukung analisis adalah data temperatur udara (temperatur kering), kelembaban udara dan pergerakan udara di ruang shalat utama.

- 3) Kondisi ketiga (Kondisi C), adalah dengan anggapan masjid terlindungi pada keempat orientasinya oleh dinding, tanpa ada bukaan. Pada kondisi demikian dinding berperan 100% dan pergerakan udara berperan 0 % terhadap kondisi thermal di dalam bangunan. Untuk mengetahui temperatur di dalam bangunan digunakan perhitungan MRT, dengan data-data temperatur permukaan dinding dalam sesuai dengan hasil pengukuran dilapangan (temperatur permukaan dinding dalam ruang shalat utama). Akan digunakan persamaan 7, yaitu:

$$MRT = \frac{\sum t\theta}{360} = \frac{t_1\theta_1 + t_2\theta_2 + \dots + t_n\theta_n}{360}$$

- 4) Analisis awal adalah mengevaluasi kondisi thermal untuk tiap kondisi, apakah kondisi thermal untuk setiap kondisi termasuk dalam zona kenyamanan thermal atau tidak. Untuk analisis ini akan digunakan diagram psikometri, diagram temperatur efektif, dan diagram bioklimatik.
- 5) Dengan persamaan: $(t_2 - t_1) / t_1 \times 100\%$, akan diketahui berapa % peningkatan temperatur pada kondisi 2 dibandingkan kondisi 1. Dengan persamaan: $(t_3 - t_2) / t_2 \times 100\%$, akan diketahui berapa % peningkatan temperatur kondisi 3 dibandingkan kondisi 2. Dan dengan persamaan: $(t_3 - t_1) / t_1 \times 100\%$ akan diketahui berapa % peningkatan temperatur kondisi 3 dibandingkan kondisi 1.
- 6) Dengan menggunakan *NPar Test* atau uji non parametrik (SPSS r11) akan dapat diketahui tingkat signifikansi perbedaan antar kondisi.



Gambar 3.4. Kondisi A, Kondisi B, dan Kondisi C

3.5. ALAT PENELITIAN

3.5.1. Alat Perekam dan Alat Pengukur

Alat pengukuran untuk data primer yang digunakan adalah:

1. Alat sketsa, alat perekam visual berupa kamera; Merk: MINOLTA seri *DYNAX 500i*, untuk menjelaskan kondisi obyek penelitian.
2. *INFRA RED THERMOMETER* merupakan *surface thermometer* (thermometer permukaan) laser. Alat ini berbentuk seperti pistol dan penggunaannya adalah dengan mengarahkannya kepada permukaan yang dikehendaki dengan jarak maksimal antara alat dengan permukaan sekitar 1m. Merk: LUTRON TM – 919, dengan tampilan digital.
3. *LASER TARGET* merupakan alat pembidik (laser), merupakan kelengkapan dari *Infra red thermometer*. Merk: LUTRON LG 09.
4. *HOTWIRE ANEMOMETER* merupakan alat pengukur pergerakan udara yang sangat lemah/ perlahan. Merk: LUTRON AM 4204, dengan tampilan digital.
5. *HUMIDITY METER with THERMOMETER* merupakan higrometer untuk mengukur kelembaban udara/ kelembaban relatif dan dilengkapi thermometer untuk mengukur suhu kering. Merk: LUTRON AM 3003, dengan tampilan digital.
6. *ANEMOMETER with THERMOMETER* merupakan alat pengukur kecepatan angin/ pergerakan udara yang juga dilengkapi oleh thermometer untuk mengukur suhu kering. Merk: LUTRON AM 4203, dengan tampilan digital.
7. Alat pengukur jarak berupa meteran gulung.

3.5.2. Diagram untuk Meneliti

1. Diagram Psikometri adalah diagram untuk mencari temperatur lembab berdasarkan data temperatur kering dan kelembaban relatif.
2. Diagram Temperatur Efektif adalah diagram untuk mengetahui temperatur efektif berdasarkan data temperatur kering, temperatur

BAB IV

TINJAUAN MASJID AGUNG DEMAK

4.1. SEJARAH MASJID

Agama Islam yang dibawa oleh Rasulullah Muhammad SAW di tanah Arab sejak tahun 600-an Masehi ini telah berkembang luas baik ke barat dan ke timur. Jejak wilayahnya membentang dari Spanyol hingga Afrika Barat dan ke arah timur hingga Cina dan Asia Tenggara. Kehadiran agama ini telah memberi budaya baru dalam masyarakat dunia di mana produk-produk budayanya telah dapat disaksikan dalam berbagai bentuknya di berbagai negara.

Masjid secara istilah berasal dari bahasa Arab *sajada*, yang bermakna tempat sujud atau tempat shalat. Masjid saat ini telah menjadi pusat kebudayaan agama Islam, menjadi tanda, simbol, eksistensi dan orientasi bagi keberadaan Islam dan umatnya. Masjid merupakan karya seni dan budaya Islam terpenting dalam bidang arsitektur. Karena merupakan perwujudan dari puncak ketinggian pengetahuan teknik dan metoda membangun, material, ragam hias, dan filosofi di suatu wilayah pada masanya. Masjid juga menjadi titik temu berbagai bentuk seni baik seni spasial, ruang dan bentuk, dekorasi, hingga seni suara (adzan). Dalam masyarakat Islam, masjid juga berfungsi sebagai sekolah, balai pertemuan, perpustakaan, rumah sakit dan sebagai tempat penyimpanan kekayaan negara.

Masjid pertama, Masjid Quba, awalnya adalah *courtyard* (halaman dalam) rumah Rasulullah Muhammad SAW di Quba-Madinah, Saudi Arabia, *courtyard* ini berbentuk persegi panjang yang dikelilingi oleh empat buah dinding, dinding yang menghadap Mekkah disebut dinding *Qibla* dan pada sisi ini diberi atap sebagai ruang bagi pemimpin ibadah (Imam atau

Khatib). Tiga dinding yang lain dinaungi oleh atap lengkung yang rendah, ruang di bawah ini merupakan ruang bagi para Jama'ah beribadah. Tata ruang dan bentuk seperti ini kemudian menjadi dasar rancangan masjid sepanjang waktu. Bersamaan dengan penyebaran Islam, seni bentuk dari masjid berkembang dan berubah sesuai dengan kondisi iklim, ketersediaan material yang ada dan adaptasi dengan corak seni masyarakat setempat.

Satu pengaruh yang penting dalam perubahan tata ruang masjid adalah pengaruh budaya masyarakat setempat. Perubahan tata ruang masjid tersebut kemudian melahirkan 'gaya' yang baru.

1. *Hypostyle*

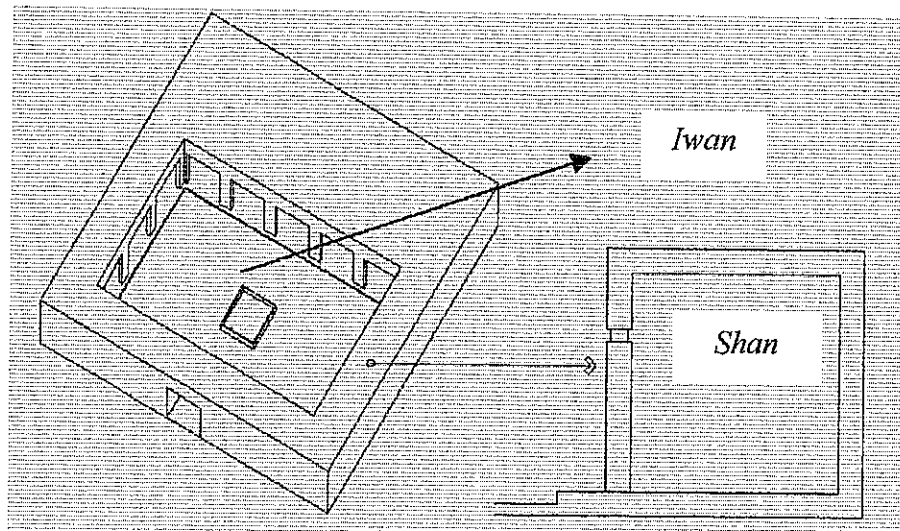
Masjid pertama atau Masjid Quba merupakan masjid dengan 'gaya' yang disebut *hypostyle*. Ciri utama masjid dengan gaya *hypostyle* adalah adanya *atrium* atau taman dalam dan adanya *portico* sebagai pelingkup *atrium* tersebut.

Atrium banyak ditemui pada gereja-gereja, pada *atrium* biasanya terdapat kolam air atau *fountain* yang berfungsi sebagai tempat pembaptisan. Pada masjid *atrium* kemudian disebut sebagai *shan*, *shan* berfungsi majemuk, yaitu sebagai ruang peralihan dari lingkungan luar ke dalam lingkungan masjid, biasanya terdapat kolam air atau *fountain* yang juga berfungsi sebagai 'penyejuk' visual serta tempat *wudhu*, dan sebagai ruang shalat tambahan bila ruang shalat utama tidak dapat menampung *jama'ah*.

Selain *shan*, yang menjadi ciri masjid dengan 'gaya' *hypostyle* adalah *portico* yang pada masjid disebut sebagai *iwan*. *Iwan* merupakan 'pagar' pembatas yang mengelilingi *shan*, yang memisahkan lingkungan dalam masjid dengan lingkungan luar. 'Pagar' ini mempunyai bentuk seperti koridor (dengan atap yang dapat melindungi dari panas dan hujan) dengan satu sisi (yang berbatasan dengan lingkungan luar) berupa dinding masif dan sisi yang berbatasan dengan *shan* berupa deretan tiang-tiang. Selain sebagai pagar pembatas dengan lingkungan luar, *iwan* berfungsi sebagai ruang tambahan untuk shalat bila ruang shalat utama sudah terlalu penuh.

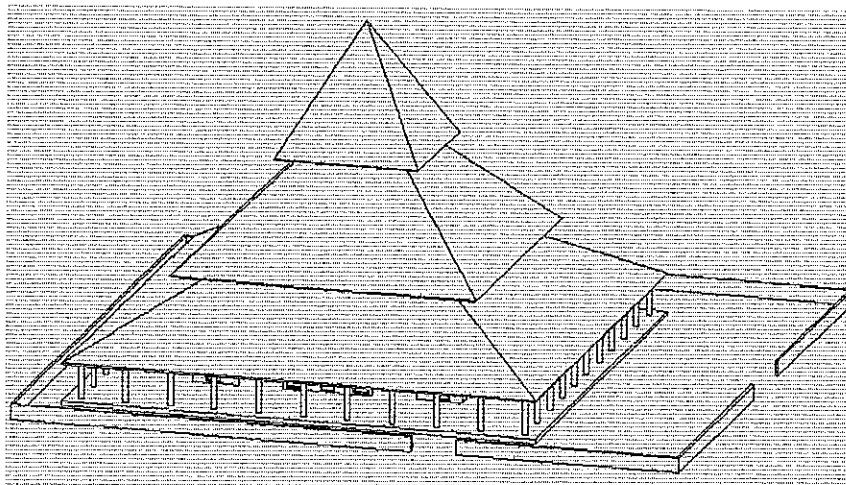
2. *Non-hypostyle*

Ciri masjid ini adalah tidak terdapat *shan* dan *iwan*. Artinya bangunan masjid hanya berupa ruang shalat dan bangunan tempat *wudhu'* tanpa terdapat halaman dalam. Meskipun pada umumnya masjid ini berada di tengah halaman luas yang dikelilingi oleh pagar pembatas. Masjid dengan 'gaya' ini umumnya terdapat di Asia, khususnya Asia Tenggara, termasuk masjid-masjid di Indonesia.



Gambar 4.1.

Sumber: Disarikan dari Sumalyo, Yulianto. 2000



Gambar 4.2.

Sumber: Disarikan dari Sumalyo, Yulianto. 2000

4.2. TINJAUAN UMUM OBYEK

4.2.1. Sejarah Masjid Agung Demak

Kota Demak berada di pesisir utara pulau Jawa, terletak sekitar 22 km timur laut kota Semarang dan berjarak sekitar 15 km dari laut Jawa. Kota Demak merupakan ibukota Kabupaten Daerah Tingkat II Demak, Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah. Kota ini berada pada ketinggian sekitar 2,60 meter di atas permukaan laut. (Kabupaten Demak Dalam Angka, 2000).

Pada abad 15 Demak merupakan pelabuhan penting tetapi kemudian mengalami kemunduran karena terjadinya proses pendangkalan pantai. Sebagai pusat kerajaan Islam yang pertama, Demak memegang peranan yang sangat penting dalam proses penyebaran Islam keseluruh Jawa. Berdasarkan data sejarah, Demak muncul setelah runtuhnya kerajaan Majapahit. Pada sekitar 1500 M, Raden Patah (yang sekaligus merupakan putra raja Majapahit terakhir, Brawijaya), seorang bupati kerajaan Majapahit yang berkedudukan di Demak melepaskan diri dari kerajaan Majapahit.

Penguasa berikutnya, setelah Raden Patah, adalah Pati Unus atau Pangeran Sabrang Lor. Sebutan Sabrang Lor berasal dari daerah tinggalnya di 'seberang utara'. Setelah Pati Unus, penguasa berikutnya adalah Sultan Trenggana, yang menurut *Serat Kandha*, merupakan saudara dari Pati Unus. Keduanya merupakan putra dari Raden Patah. Pada pemerintahan Trenggana inilah Masjid Agung Demak dibangun kembali sebagai lambang kekuasaan Islam.

Pada awalnya, Masjid Agung Demak menjadi pusat kegiatan kerajaan Islam pertama di Jawa Tengah, bahkan di seluruh Pulau Jawa. Bangunan ini dijadikan markas para wali untuk bermusyawarah guna mengadakan *sekaten*. Pada upacara ini dibunyikan gamelan dan rebana di depan *serambi*, sehingga masyarakat berduyun-duyun mendatangi dan memenuhi depan gapura. Para wali lalu mengadakan *tabligh*, dan rakyat pun secara sukarela dituntun mengucapkan dua kalimat *syahadat*. Cepatnya kota Demak menjadi pusat perdagangan dan lalu-lintas serta pusat kegiatan peng-

Islamian tidak lepas dari andil Masjid Agung Demak. Dari sinilah para wali dan raja Kesultanan Demak mengadakan ekspansi yang dibarengi oleh kegiatan dakwah islamiyah ke Jawa Tengah, Jawa Timur dan Jawa Barat. Dalam kerangka ini, masjid tua di kota Demak merupakan lambang kerajaan Islam.

Menurut legenda, masjid ini didirikan oleh Wali Songo secara bersama-sama dalam tempo satu malam. *Babad Demak* menunjukkan bahwa masjid ini didirikan pada tahun *Saka* 1399 (1477) yang ditandai oleh *candrasengkala* '*Lawang Trus Gunaningjanmi*', sedang pada gambar bulus yang berada di *mihrab* masjid ini terdapat lambang tahun *Saka* 1401 yang menunjukkan bahwa masjid ini berdiri tahun 1479.

Pada tahun 1710 bangunan masjid ini direhabilitasi atas perintah raja Mataram berikut, Paku Buwono I (Sunan Puger), dengan alasan bahwa tempat ini merupakan 'pusaka mutlak' yang tidak boleh hilang. Di zaman Indonesia merdeka, Masjid Agung Demak telah beberapa kali dipugar. Tahun 1965 pemugarannya dimulai dengan memperhatikan keindahan dari depan, sehingga bangunan lain yang ada di sana dipindahkan ke tempat lain. Tahun 1966 dibangun pagar depan dengan menggunakan ornamen batu; instalasi listrik dipasang, sedang *Tratag rahmat* (ruang pertemuan semacam pendopo) yang bukan merupakan bangunan asli dibongkar. Tahun berikutnya diperbarui tempat *wudhu* sebelah kiri dan kanan. Pada tahun 1969 dibongkar bangunan bagian serambi serta dibangun kembali. Seterusnya tahun 1971, 1973, 1974, dan 1975 diadakan berbagai perbaikan. Tahun 1980-an diadakan pula pemugaran dengan mempertahankan bentuk asli. Peresmian sesudah pemugaran dilakukan oleh Presiden Soeharto pada tanggal 21 Maret 1987.

4.2.2. Karakteristik Masjid Agung Demak

Masjid Agung Demak terletak di kabupaten Demak yang secara geografis terletak pada lintang selatan 6° 43' 26" - 7° 09' 43" dan bujur timur 110° 27' 58" - 110° 48' 43". Kondisi iklim secara umum, berdasarkan

Stasiun Klimatologi Semarang tahun 2000, adalah sebagai berikut; mempunyai suhu rata-rata tahunan $27,3^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban rata-rata 78%, hari hujan dalam satu tahun adalah 172 hari dengan rata-rata curah hujan 2461 mm/ tahun, kecepatan angin rata-rata adalah 0,6 km/ jam atau sekitar 0,2 m/ detik dengan arah datang angin rata-rata berasal dari barat laut.

Masjid Agung Demak berada di Jl. Glagah Wangi Alun-alun Demak, kota Demak. Untuk masuk kompleks ini dicapai melalui pintu gerbang utama yang terletak pada arah timur, yaitu dari arah alun-alun (gambar 4. 3. dan 4. 4.). Masjid ini merupakan obyek wisata yang cukup terkenal karena nilai historisnya dan sekaligus menjadi tempat sakral bagi sebagian masyarakat.

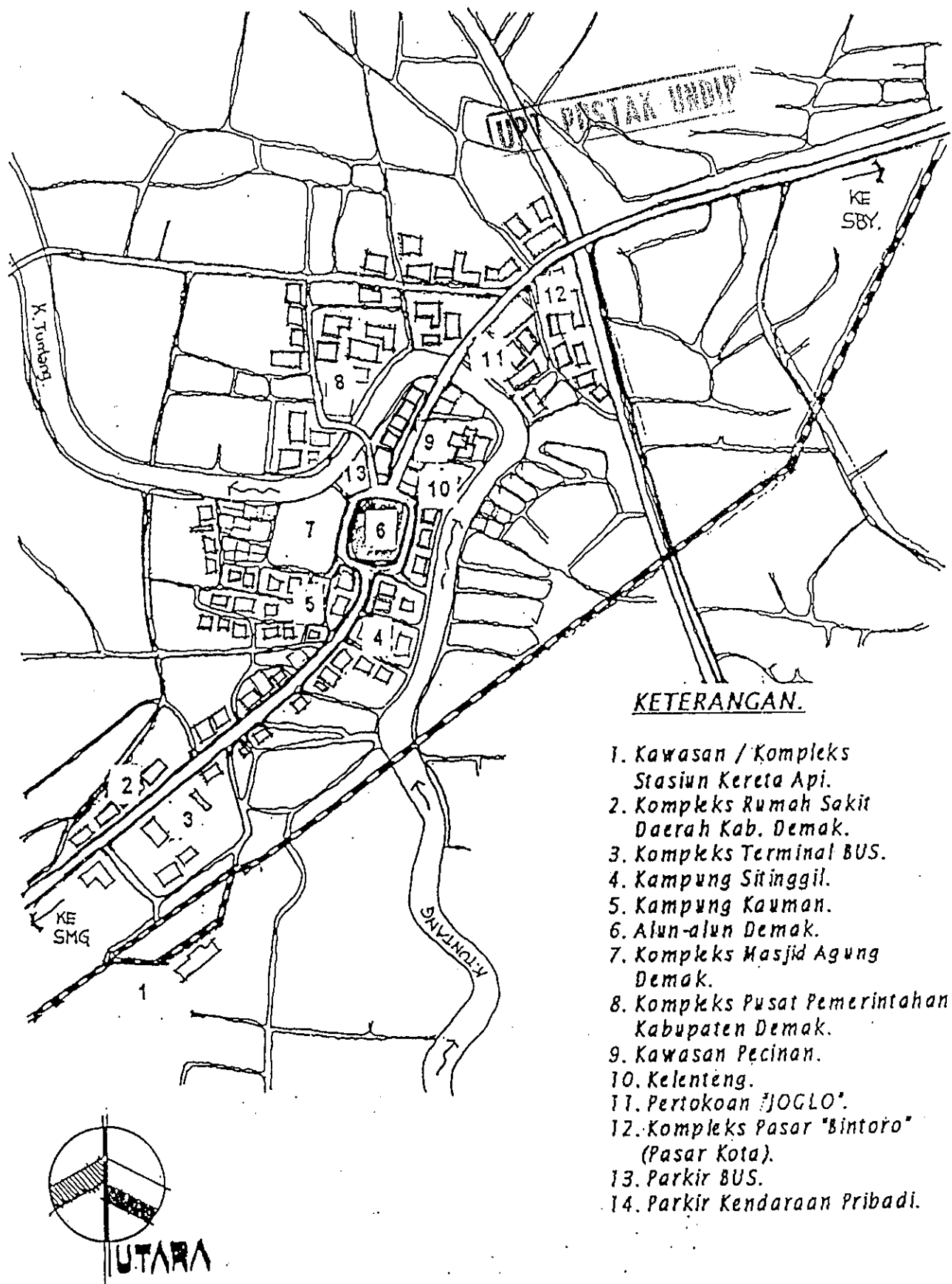
Secara umum ada empat belas *feature* yang membentuk tipologi dan citra masjid di Jawa (Isnaeni, 1996), termasuk di dalamnya Masjid Agung Demak. *Feature* tersebut adalah (gambar 4. 5.):

1. Arah *qibla*

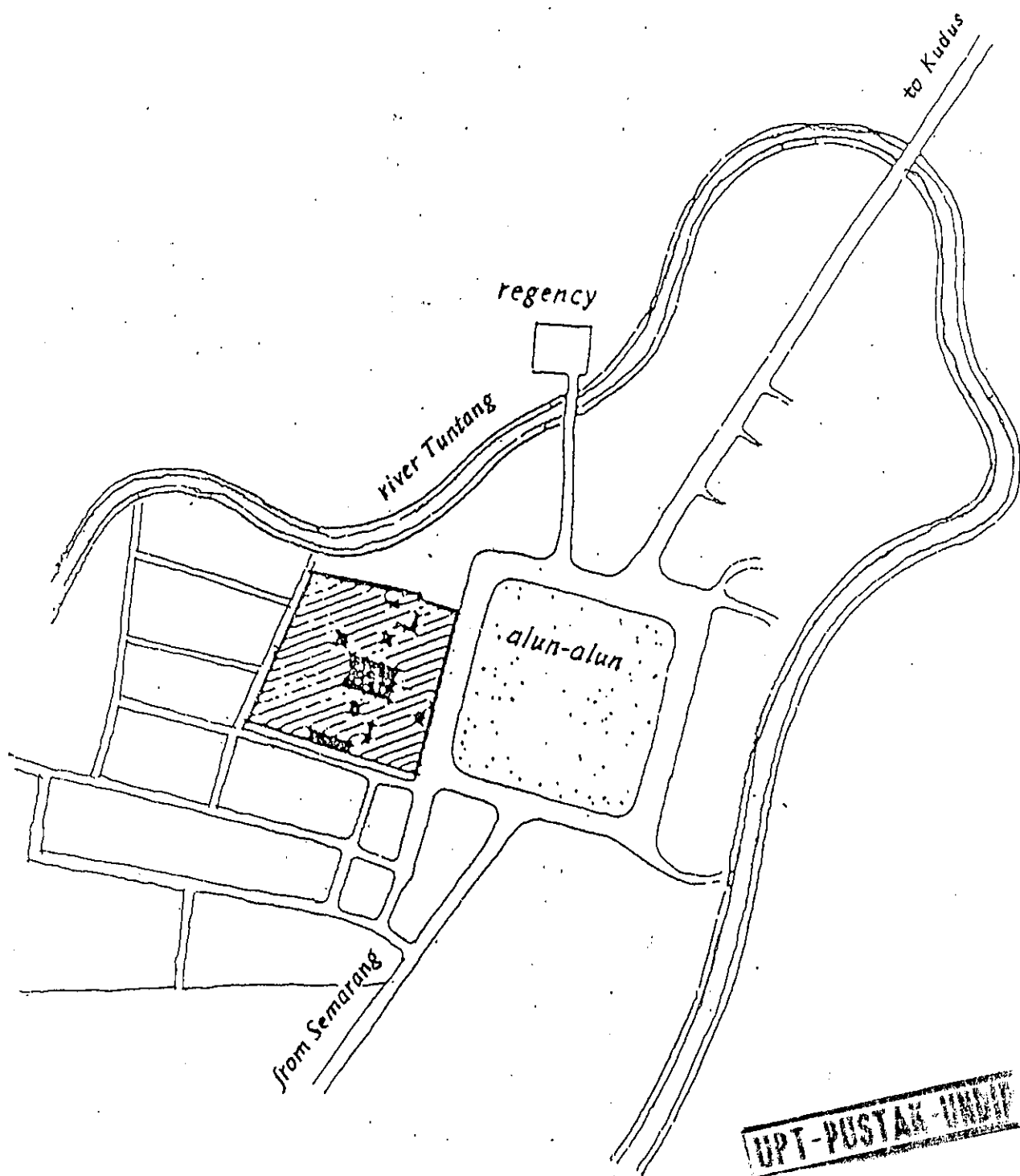
Islam mengajarkan bahwa Allah ada diseluruh semesta alam tanpa terikat waktu dan tempat. Arah *Ka'ba* di kota suci Mekah, sudah ditetapkan sejak awal Islam sebagai arah yang universal, merupakan simbol persatuan *Ummat* Islam. Sebagai akibatnya orientasi masjid sangat dipengaruhi oleh lokasi masjid terhadap arah kiblat. Pada masjid Jawa umumnya arah kiblat berada pada 280° sampai 293° searah jarum jam dari utara. Sumbu utama masjid umumnya sama dengan arah Jama'ah, sehingga barisan Jama'ah sejajar dengan dinding timur dan barat.

2. *Mihrab*

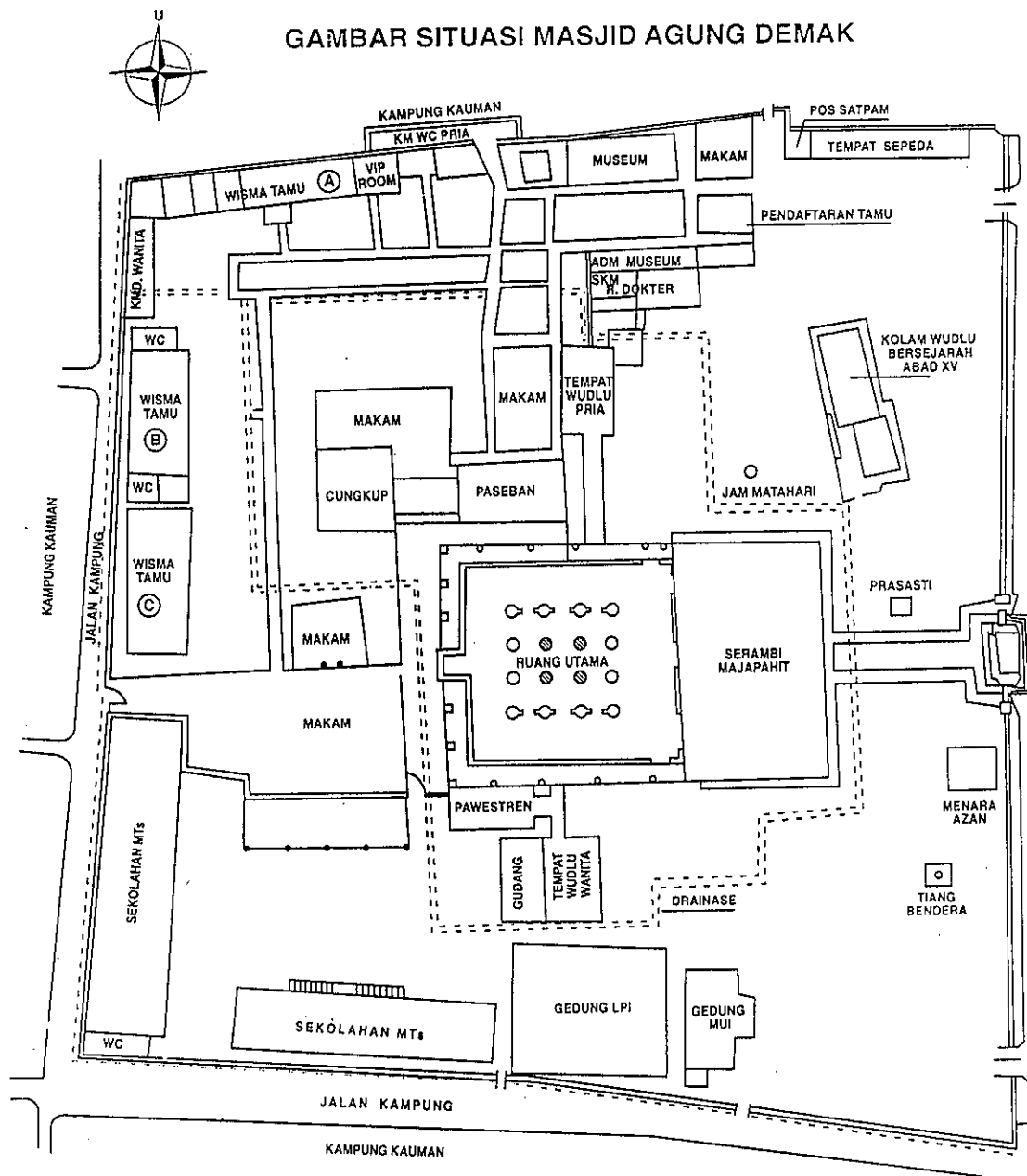
Merupakan bagian yang satu dengan dinding sisi barat. Meskipun berfungsi sebagai ruang bagi imam (orang yang memimpin shalat) dalam memimpin shalat, khususnya pada hari Jum'at (saat shalat Juma'at), ruang ini jarang digunakan pada kegiatan shalat berjama'ah. Pada Masjid Agung Demak ukuran ruang mihrab adalah 1,40 m x 2,40 m.



Gambar 4. 3. Peta Kota Demak



Gambar 4. 4. Peta Lingkungan
Sumber: Isnaeni, Hendrajaya. 1996



Gambar 4. 5. Denah Komplek Masjid Agung Demak

Sumber: Isnaeni, Hendrajaya. 1996

9. Lantai atas

Masjid-masjid tua di Sumatra menggunakan ruang ini untuk kegiatan belajar, tetapi lebih sering berfungsi sebagai tempat *muezzin* melakukan *adzan*. Pada masjid Jawa ada hirarki ruang (lantai), lantai dasar merupakan ruang shalat yang umum, lantai satu merupakan ruang yang lebih *private* dan lantai paling atas sebagai tempat untuk melakukan *adzan*. Masjid Agung Demak mempunyai dua *upper floor*, ruang tersebut relatif gelap tetapi terdapat kisi-kisi di antara atap sebagai sarana ventilasi udara.

10. Menara

Menara pada masjid Jawa tidak dapat dikatakan berkaitan dengan kegiatan *adzan* mengingat *adzan* dilakukan pada lantai teratas ruang shalat utama. Menara tertua yang dapat dicatat adalah menara pada Masjid Banten dan Masjid Kudus. Menara pada Masjid Agung Demak merupakan penambahan pada kegiatan perbaikan pada masa berikutnya.

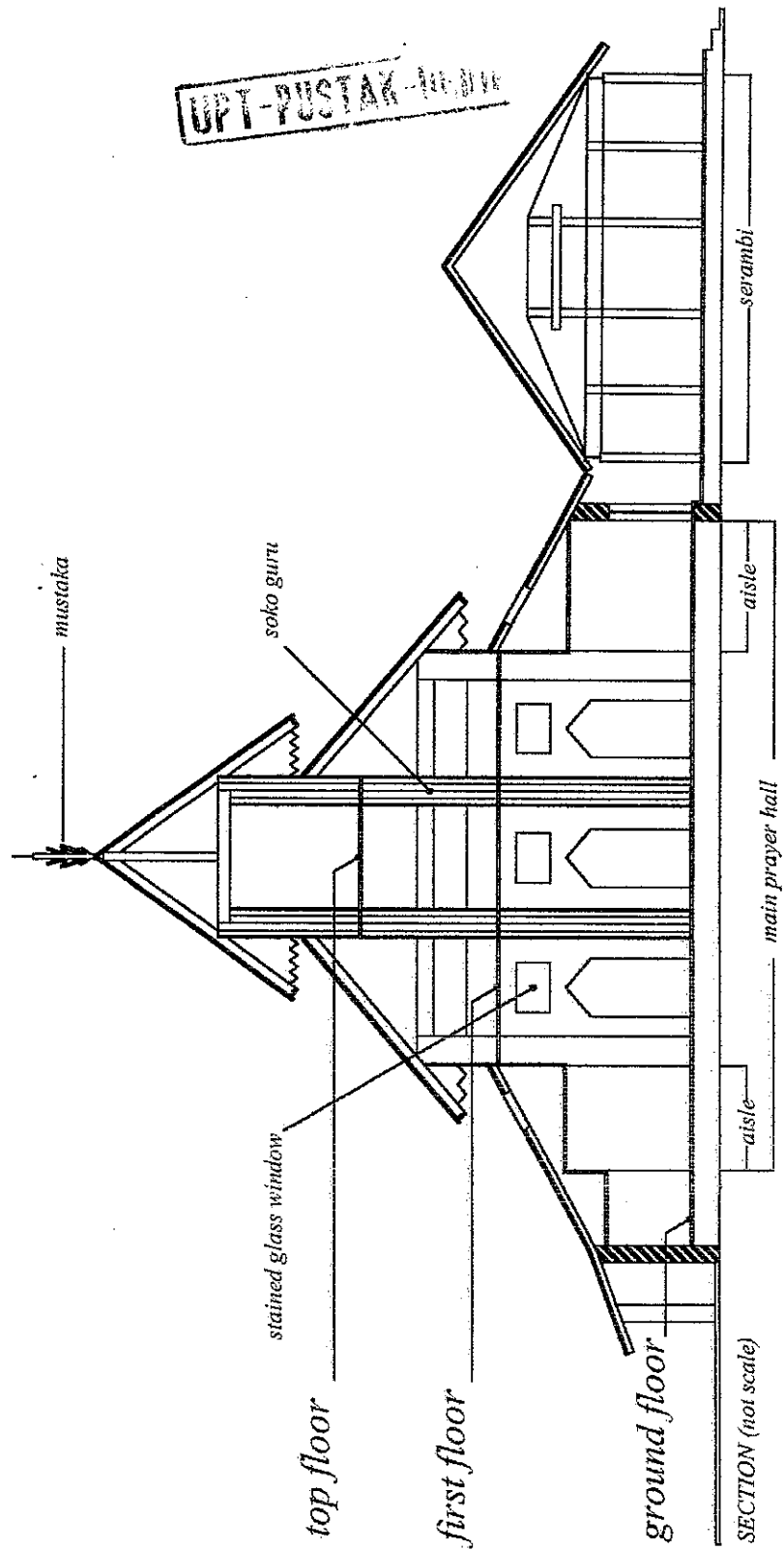
11. Courtyard (halaman)

Tampaknya keberadaan *courtyard* adalah sebagai lahan cadangan bagi kebutuhan ruang bangunan masjid di masa akan datang. Saat kegiatan ibadah bertambah banyak selalu merupakan kebutuhan untuk memperluas ruang beribadah tapi juga ruang untuk kegiatan yang lain, seperti untuk madrasah, kantor administrasi bahkan ruang serba guna.

Halaman di dalam lingkungan komplek Masjid Agung Demak saat ini ditutup oleh paving blok, dengan beberapa pohon yang ditata dengan pola grid.

12. Pagar pelindung dan gerbang

Tradisi masyarakat Jawa untuk membuat dinding pelindung di sekeliling bangunan ibadah telah ada sejak masa pra-Islam. Tradisi ini mengikuti budaya Hindu-Budha dalam pembangunan bangunan ibadah, pada sekeliling bangunan ibadah dibuat *masonry walls* yang mengisolasi mereka dengan lingkungan sekitar. Pada masjid Jawa, *masonry walls* dibangun kurang lebih setinggi 2m mengelilingi masjid beserta pemakaman.



Gambar 4.6. Potongan Ruang Shalat Utama - Serambi

Sumber: Isnaeni, Hendrajaya. 1996

13. Komplek perkuburan

Seringkali komplek perkuburan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari masjid Jawa. Biasanya perkuburan terletak dekat dinding kiblat dan meluas ke arah utara. Arah masuk area perkuburan terletak pada arah selatan, sehingga peziarah masuk pada arah kaki, sesuai ajaran Islam bahwa jenazah diletakan dengan wajah menghadap ke arah kiblat.

14. *Bedug*

Bedug merupakan alat untuk menandakan bahwa sudah waktunya untuk melakukan shalat. *Bedug* biasanya ditempatkan di *surambi*, baik pada suatu konstruksi kayu.

4.2.3. Kajian Khusus

Untuk membatasi penelitian, maka bangunan yang menjadi obyek utama dari penelitian adalah serambi dan dinding ruang shalat utama (*main prayer hall*).

A. Serambi

Serambi berukuran 30 m x 17 m (Studi Teknis Konservasi Masjid Agung Demak, 2000; 9) dengan delapan buah tiang boyongan merupakan bangunan tambahan pada zaman Adipati Yunus (Pati Unus atau pangeran Sabrang Lor), sultan Demak ke-2 (1518-1521) pada tahun 1520.

Serambi merupakan struktur dengan atap limasan dan tidak mempunyai dinding pada keempat sisinya. Tetapi karena pada sisi barat terdapat bangunan utama yang terletak sangat dekat dengan *surambi*, maka pada sisi ini seolah-olah terdapat dinding. Meskipun mempunyai bentuk tradisional tetapi sesungguhnya serambi telah mengalami perbaikan dan saat ini mempunyai konstruksi atap yang menggunakan rangka baja.

Serambi Masjid Agung Demak ditutup oleh teraso berwarna putih berukuran 30 cm x 30 cm. Bangunan ini memiliki delapan tiang utama, yang disebut dengan *saka* majapahit, berpenampang bujursangkar yang terbuat dari kayu jati. Serambi masjid juga didukung oleh dua puluh empat pilar berpenampang bujur sangkar yang terbuat dari pasangan bata.



UPT-POSTAK-UNDIP

Foto 12. Dinding pada serambi (fasade timur masjid)

Sumber: Peneliti, 2003.

Serambi yang terletak pada sisi timur bangunan masjid terletak berhimpitan dengan bangunan Masjid, sehingga dampak pembayangan dari serambi sangat berarti (gambar 4.6.). Perletakan pada sisi timur ini dan dengan luas lantai sekitar 510 m² menyebabkan dinding fasade timur selalu terlindungi dari sinar matahari langsung.

B. Ruang shalat utama

Awalnya sebagian besar bahan bangunan Masjid Agung Demak adalah kayu jati, tetapi dengan berbagai macam perbaikan dan pemugaran yang dilakukan pada abad 20, maka elemen bangunan yang masih menggunakan bahan bangunan seperti awal berdirinya hanya tinggal sedikit.

Atap tengahnya ditopang oleh empat buah tiang kayu raksasa (*saka guru*), masing-masing tiang kayu ini berdiameter 1,08 m dan panjangnya 17 m, yang dibuat oleh empat wali di antara *Wali Songo*. *Saka* sebelah tenggara adalah buatan Sunan Ampel, sebelah barat daya buatan Sunan Gunung Jati, sebelah barat laut buatan Sunan Bonang, sedang sebelah timur laut yang tidak terbuat dari satu buah kayu utuh melainkan disusun dari beberapa potong balok yang diikat menjadi satu (*saka tatal*), merupakan sumbangan dari Sunan Kalijaga.

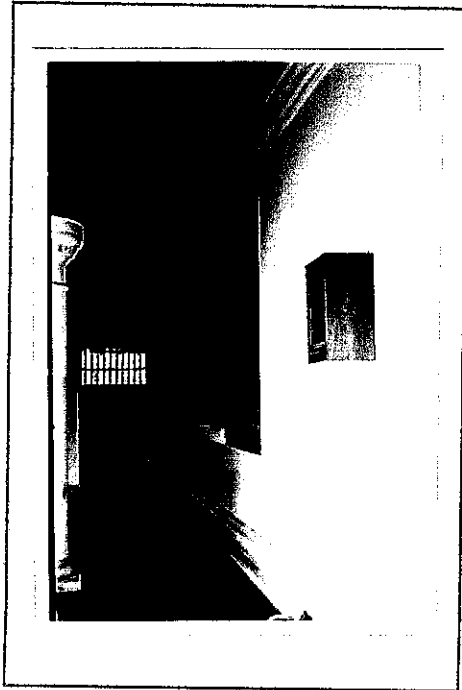


Foto 13. Koridor selatan

Sumber: Peneliti, 2003.

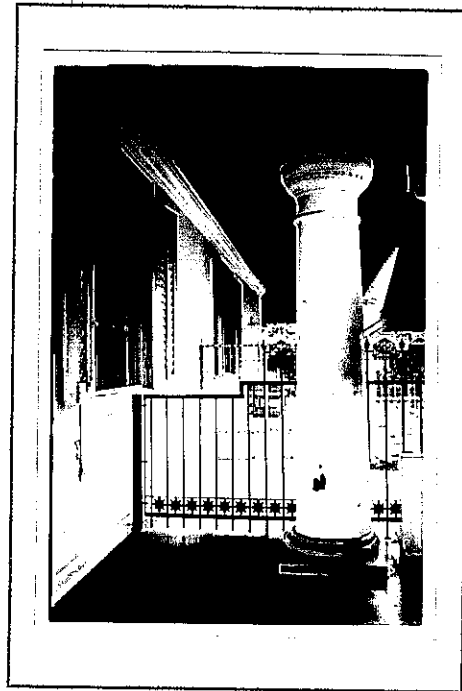


Foto 14. Koridor utara

Sumber: Peneliti, 2003.

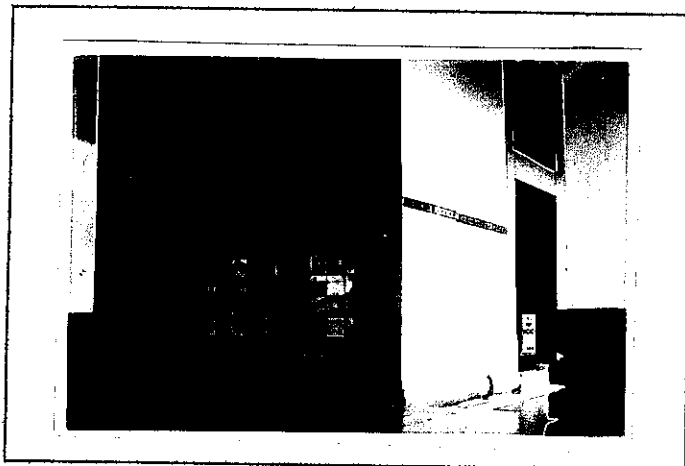


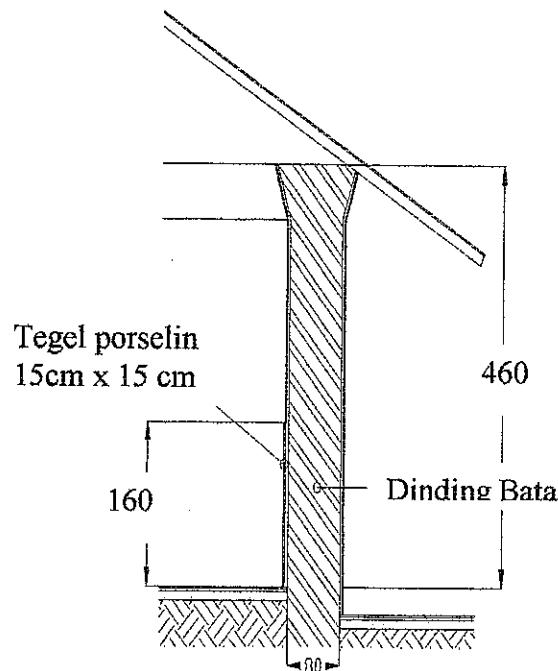
Foto 15. Sudut pertemuan fasade utara dengan fasade timur

Sumber: Peneliti, 2003.

UPT-PUSTAK-UNDIP

Atapnya yang bersusun tiga tingkat berbentuk piramid disebut *tajug*, melambangkan Islam, iman dan ihsan, atap paling atas dilengkapi dengan *mustaka* pada bagian puncaknya. Jumlah pintunya (lima) melambangkan

kelima rukun Islam, sedang jendelanya yang berjumlah enam buah melambangkan keenam rukun iman (saat ini terdapat sepuluh buah jendela, tidak jelas mana yang merupakan tambahan). Saat ini bahan penutup atap yang digunakan adalah sirap berwarna hitam.

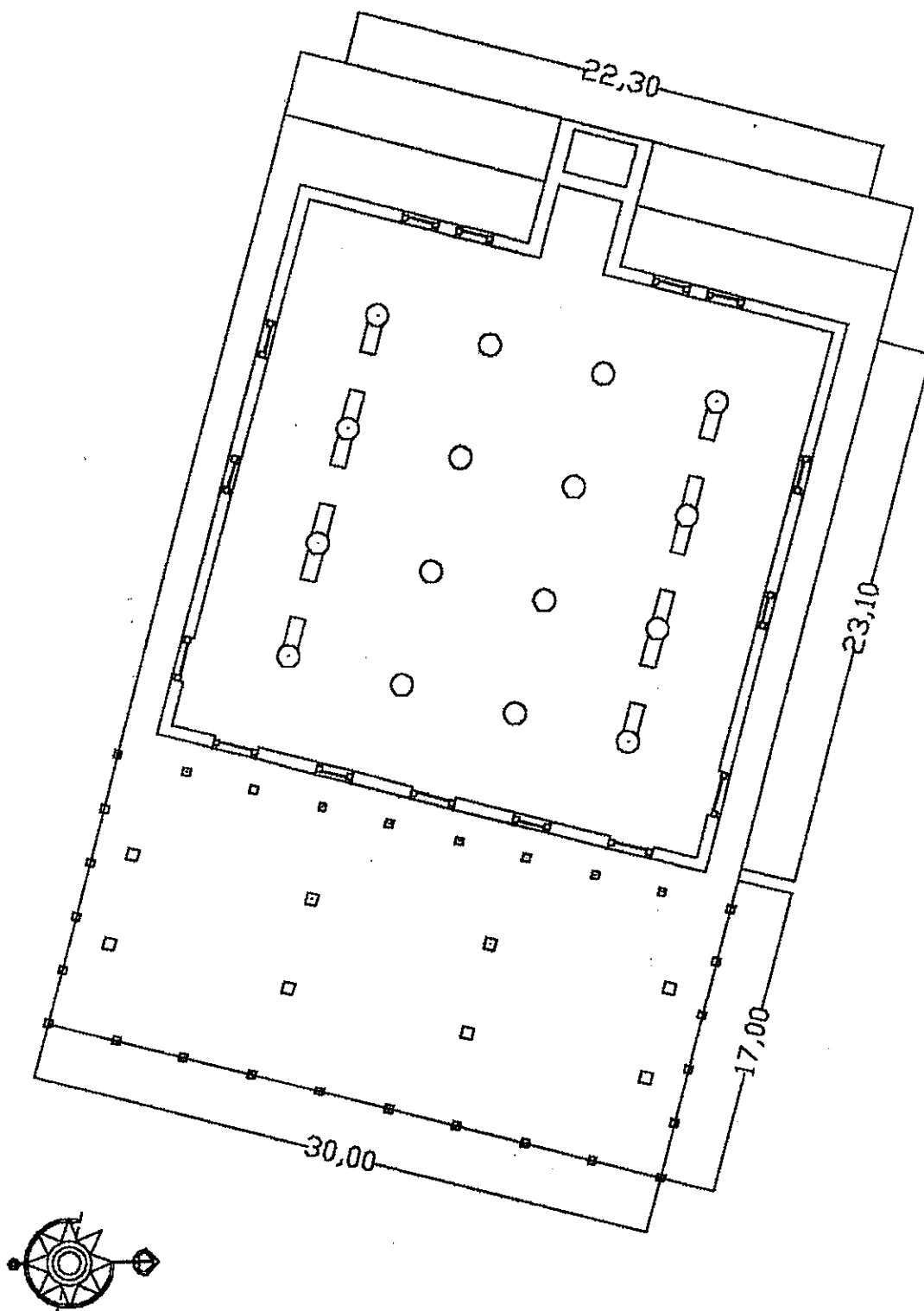


Gambar 4.7.

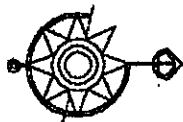
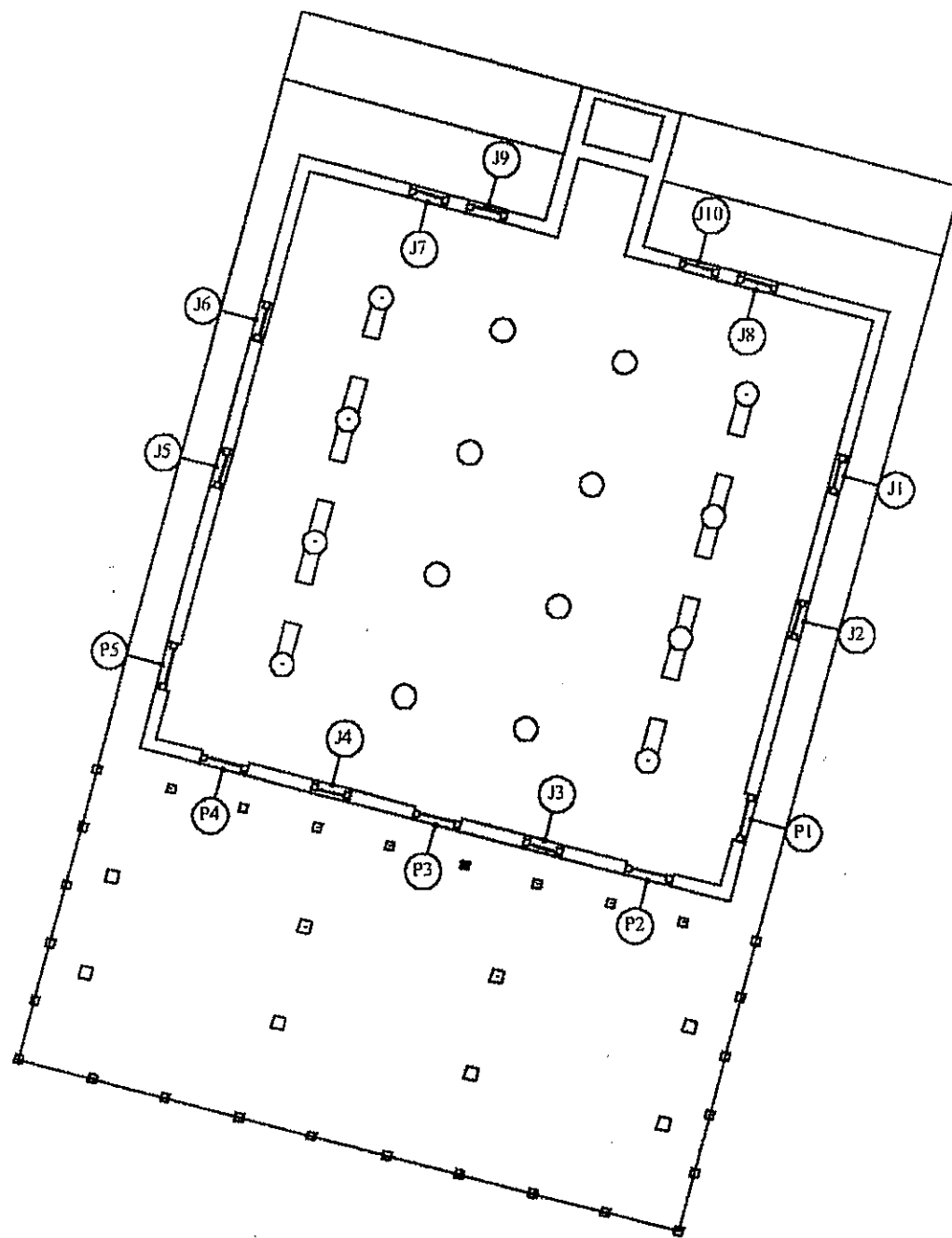
Sumber: Peneliti, 2003.

Ruang shalat utama berukuran 23,10 m x 22,30 m, keempat sisi bangunan Masjid Agung Demak merupakan dinding bata dengan tinggi dinding dari muka lantai sampai plafond (koridor dalam ruang shalat utama) sekitar 4,60 m. Lantai ruang shalat utama ditutup dengan marmer berwarna putih berukuran 74 cm x 74 cm. Dinding ruang shalat utama merupakan dinding pasangan bata lokal dengan spesi semen merah, pasir, dan gamping yang di plester dan di cat, mempunyai ketebalan sekitar 80 cm. Dinding bangunan sisi luar dan dalam di cat dengan warna putih. Pada dinding sebelah dalam diberi pasangan tegel porselin berwarna coklat muda

berukuran 15 cm x 15 cm dan tegel porselin bergambar berukuran 15 cm x 7,5 cm, sampai ketinggian 1,60 m. Dinding yang tidak tertutup keramik dicat dengan warna putih. Dinding luar sisi timur juga dilapisi tegel porselin sampai ketinggian 1,60 m, begitu pula sedikit bagian pada sisi utara dan selatan (dari sudut bangunan yang berbatasan dengan dinding timur sampai pintu pada sisi utara dan selatan).



Gambar 4.8. Denah ruang shalat utama
Sumber: Peneliti, 2003.

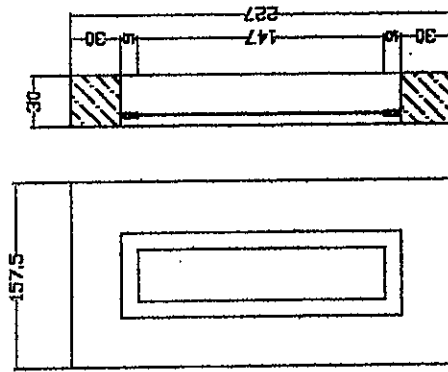


TIPIKAL PINTU dan JENDELA

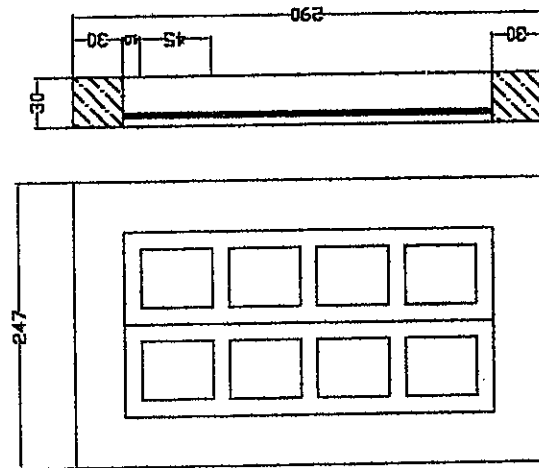
0 3 6 9 m

Gambar 4.9. Denah pintu-jendela tipikal

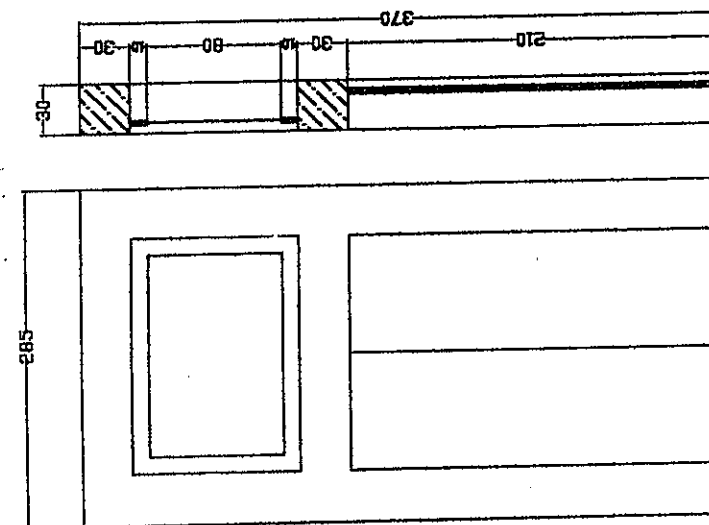
Sumber: Peneliti, 2003.



JENDELA TIPIKAL ;
J9, J10



JENDELA TIPIKAL ;
J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8



PINTU TIPIKAL ;
P1, P2, P3, P4, P5

Gambar 4.10. Pintu dan Jendela Tipikal
Sumber: Peneliti, 2003.

BAB V

DATA dan ANALISIS

5.1. KONDISI UMUM PENGUKURAN LAPANGAN

Pengukuran dilakukan pada bulan Mei, dasar pemilihan bulan adalah data klimatologi Semarang tahun 2000 yang menunjukkan bahwa Mei mempunyai rata-rata temperatur bulanan tertinggi ketiga selama tahun 2000, tepatnya pada tanggal 21 Mei 2003. Dimulai pada jam 7.00 pagi hingga jam 15.00 sore, WIB. Awalnya pengukuran akan dilakukan hingga jam 19.00, tetapi hal ini tidak dapat dilakukan karena sejak jam 17.30 penerangan buatan (lampu) dan pengudaraan mekanis (kipas angin) pada ruang shalat utama dinyalakan, sehingga kondisi temperatur, pergerakan angin, dan kelembaban udara di dalamnya sudah terpengaruh (tidak alami). Pengukuran dilakukan setiap selang 2 jam dengan titik pengukuran yang dijelaskan pada Bab 3 dan dengan target data:

- Temperatur udara (*dbt*)
- Kelembaban udara rata-rata
- Pergerakan udara (angin)
- Temperatur permukaan dinding

Secara umum kondisi cuaca cerah, kemudian mulai berawan pada jam 13.00 dan semakin berawan mulai 15.00 tetapi tidak terjadi hujan dan temperatur lingkungan tetap panas (subyektif peneliti; temperatur kering lingkungan adalah 32°C - 33°C).

5.1.1. Kondisi Ruang Shalat Utama

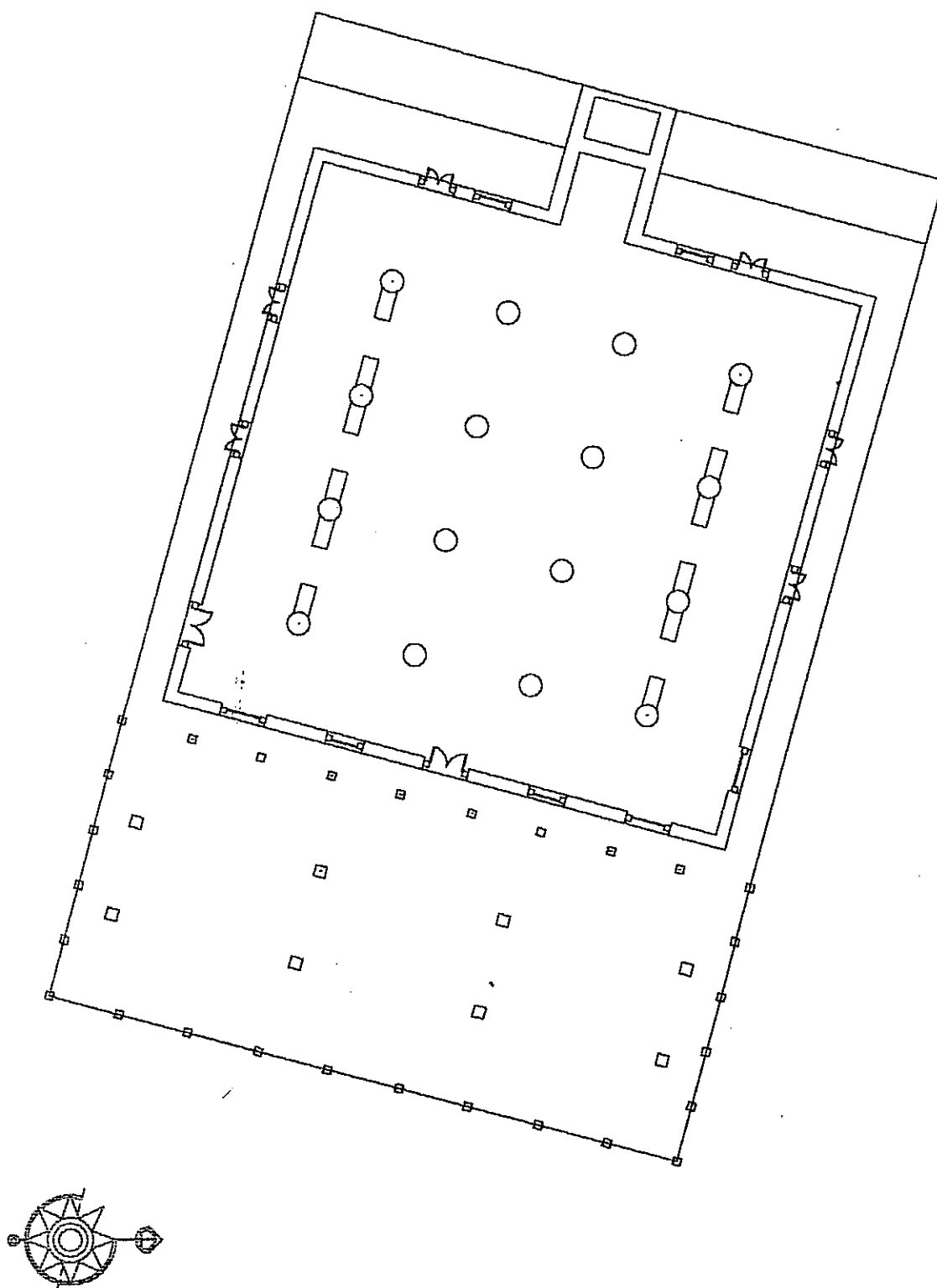
Ruang shalat utama mempunyai 5 pintu dan 10 jendela dengan perincian 1 pintu pada sisi utara, 3 pintu pada sisi timur dan 1 pintu pada sisi selatan. Terdapat 2 jendela pada sisi utara, 2 jendela pada sisi timur, 2 jendela pada sisi selatan, dan 4 jendela pada sisi barat (penjelasan mengenai dimensi dijelaskan pada bab 4, h. 82). Biasanya dari kelima pintu tersebut pintu pada sisi utara, selatan dan timur (kecuali pintu P3) selalu dibuka, tetapi pada hari pengukuran hanya dibuka pintu pada sisi selatan dan satu pintu pada sisi timur (pintu dekat pintu selatan) dan baru pada jam 11.30 pintu tengah pada sisi timur ikut dibuka (jadi pada sisi timur ada 2 pintu yang dibuka). Dengan demikian terdapat 3 pintu yang dibuka.

Sedangkan untuk jendela, 2 jendela pada sisi timur dan sisi barat tidak dibuka. Sehingga keseluruhan jendela yang dibuka ada 6 buah, dengan perincian 2 jendela pada sisi utara, 2 jendela pada sisi selatan dan 2 pada sisi barat. (Lihat gambar 5.1.)

5.1.2. Pembayangan pada Fasade

Hampir sepanjang hari seluruh fasade bangunan terlindungi dari sinar matahari. Hanya fasade utara dan barat yang terkena sinar matahari meskipun hanya untuk waktu yang terbatas. Fasade utara terkena sinar matahari sekitar jam 6.30. Pada waktu pengukuran jam 7.00, terjadi pembayangan mulai ketinggian 50 cm dari muka lantai koridor utara, dan pada pengukuran jam 9.00 seluruh fasade timur telah terbayangi seluruhnya.

Fasade barat terkena sinar matahari mulai sekitar jam 14.00, pada waktu pengukuran jam 15.00, terjadi pembayangan mulai ketinggian 87 cm dari lantai koridor barat, dan pada pengukuran jam 17.00 seluruh fasade barat telah terbayangi seluruhnya.



Gambar 5.1. Kondisi Buka (pintu dan jendela)

Sumber: Peneliti; 2003

5.1.3. Temperatur Permukaan Dinding

Secara umum hampir tidak ada perbedaan temperatur permukaan antara dinding dengan lapisan tegel porselin dengan dinding tanpa lapisan tegel porselin. Begitu pula dengan perbedaan ketinggian titik pengukuran, tidak ada perbedaan temperatur permukaan dinding pada ketinggian 1m, 2m dan 3m. Juga untuk perbedaan titik pengukuran secara horizontal (sisi kiri fasade dan sisi kanan fasade). Meskipun demikian tetap terjadi beberapa perbedaan pada waktu pengukuran tertentu dan pada titik pengukuran tertentu.

5.1.4. Pergerakan Udara

Secara umum, pergerakan udara berasal dari arah timur, dan kecepatan tertinggi terjadi pada titik pengukuran 1, kemudian pada titik pengukuran 2. Arah angin kemudian berubah menjelang sore, yaitu sekitar jam 15.00 dan pada jam 17.00 arah angin cenderung berasal dari arah selatan.

Hampir tidak terjadi pergerakan udara pada ruang shalat utama, pada umumnya pergerakan udara yang terjadi hanya berkisar 0,1 – 0,3 m/ dt.

5.1.5. Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan oleh peneliti, yaitu higrometer, anemometer, dan *hotwire* anemometer, semuanya dilengkapi dengan thermometer kering. Pada saat pengukuran dilapangan, ketiga alat tersebut tidak menunjukkan temperatur kering yang sama. Untuk mendapatkan temperatur kering, peneliti menggunakan data dari higrometer (*humidity meter with thermometer*, Merk: LUTRON AM 4204).

5.2. DATA-DATA PENGUKURAN

5.2.1. Temperatur Kering (°C)

Titik Ukur	Temperatur (°C)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
1	27,6	30,6	33	33,1	33	32,1
2	27,8	31,6	32,5	33,2	33,3	32,3
3	29,3	31,9	33,1	33,5	34,3	32,4
4	29,1	30,5	32,2	32,4	33,7	32,6
5	31	31,2	32,5	33,4	34	32,1
6	29,2	31,5	32,8	32,3	32,9	32,1

Tabel 03

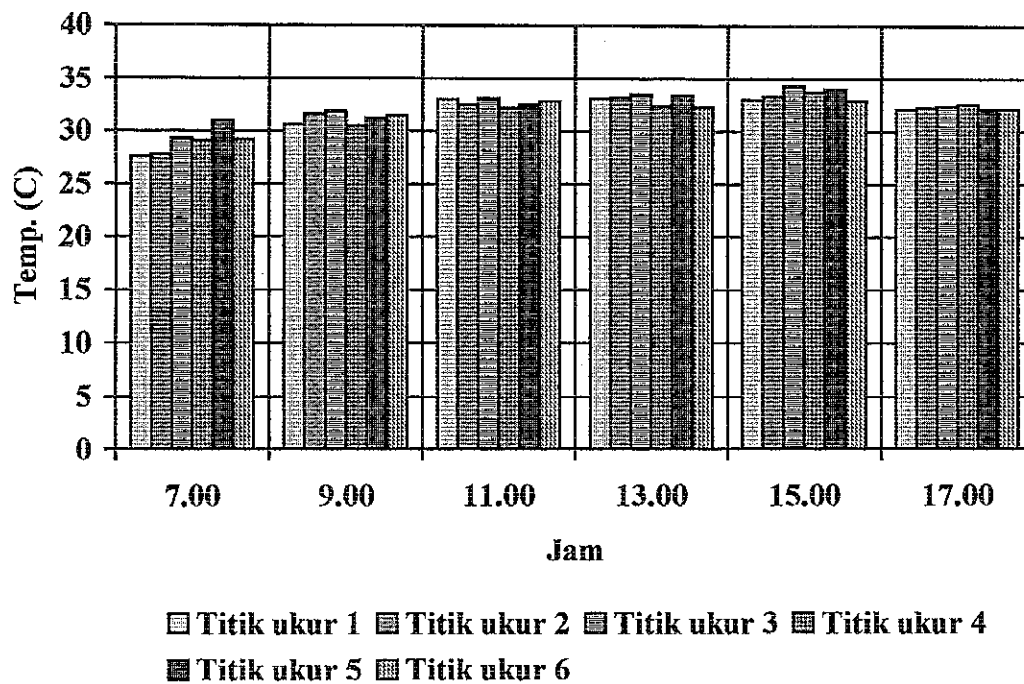


Diagram 5.1. Temperatur kering

5.2.2. Kelembaban Udara (%)

Titik Ukur	Kelembaban (%)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
1	75,9	66,6	58,5	56,4	54,4	50,5
2	75	61,6	55,7	55,7	54,6	51,5
3	71,5	67,9	55,5	55,5	53,3	60,6
4	69	66,5	58	58,3	52	58,6
5	56,1	65,1	59	54,2	54,3	64,7
6	68	62,8	58,8	59,2	55,3	61,1

Tabel 04

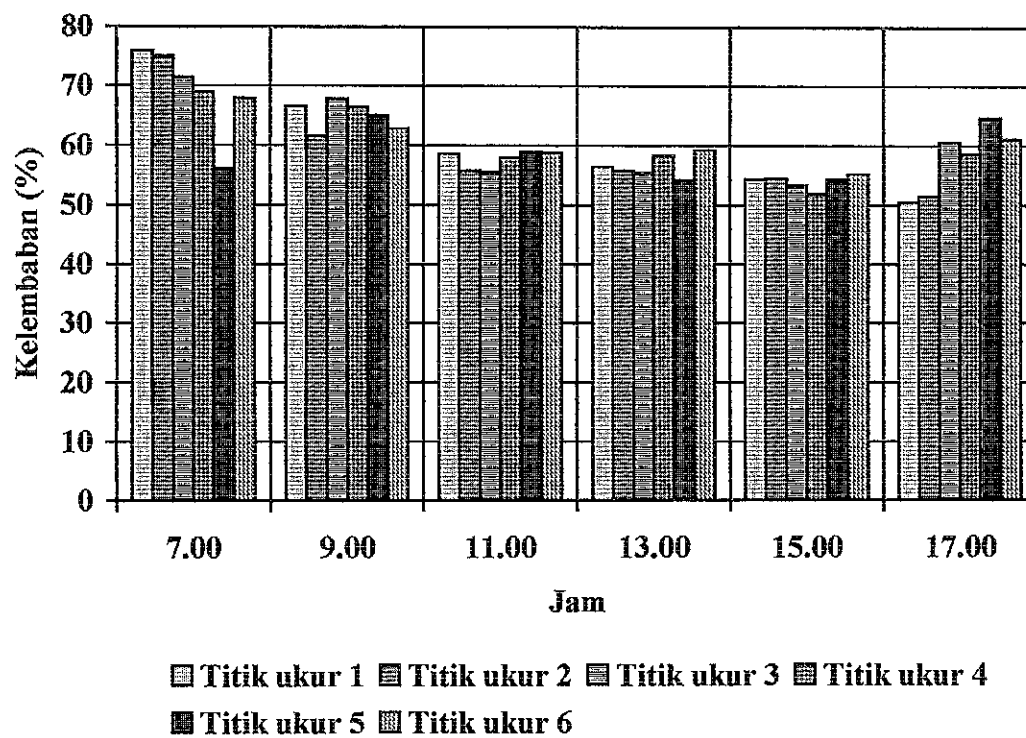


Diagram 5.2. Kelembaban udara

5.2.3. Pergerakan Udara/ Angin(m / dt)

Titik Ukur	Angin (m/ dt)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
1	0,6 (t)	2,2 (t)	1,9 (t)	2 (t)	0,7 (t)	0,6 (s)
2	0,5 (t)	0,6 (t)	0,7 (t)	1,1 (t)	0,5 (t)	0,3 (s)
3	0,2 (u)	0,2 (u)	0,8 (t)	0	0,5 (t)	0,3 (b)
4	0,2 (t)	0,4 (t)	0,9 (t)	1,2 (t)	0,7 (t)	0
5	0,4 (bl)	0,4 (t)	1 (b)	0,6 (s)	0,6 (s)	0
6	0,1 (u)	0,2 (u)	0,7 (t)	0,1 (t)	0,3 (t)	0,2 (t)

Arah datangnya angin;

u: utara t: timur s: selatan b: barat

Tabel 05

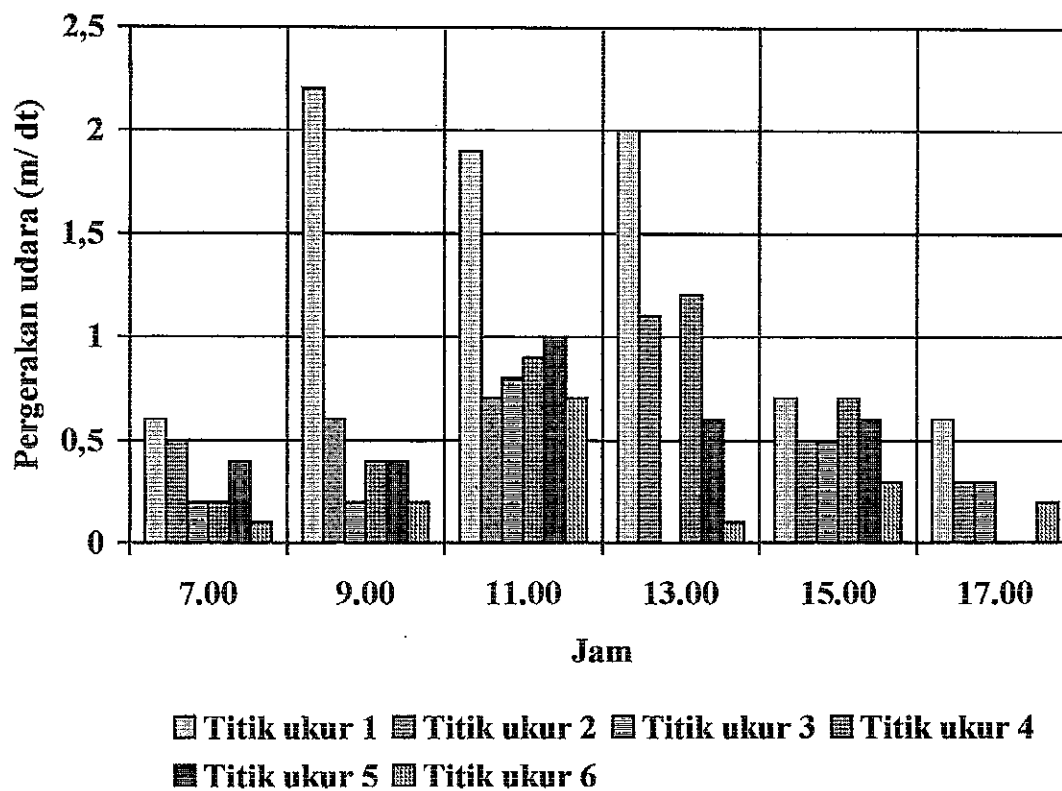


Diagram 5.3. Pergerakan udara

5.2.4. Kecerahan Langit (%)

Titik Ukur	Kecerahan langit (%)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
1	100%	100%	90%	85%	65%	30%

Tabel 06

5.2.5. Temperatur Permukaan Dinding (°C)

A. Dinding Utara

Titik Ukur	Temp. Permukaan (°C)						Rata-rata (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
Luar:							
U1	35	35	36	36	35	35	35,33333
U2	32	35	36	36	36	35	35
U3	32	35	36	36	35	35	34,83333
U4	35	35	36	36	35	34	35,16667
U5	32	35	36	36	35	34	34,66667
U6	32	35	36	36	35	34	34,66667
Dalam:							
U'1	31	32	32	32	32	32	31,83333
U'2	32	32	32	32	32	32	32
U'3	32	32	32	32	32	32	32
U'4	32	32	32	32	32	32	32
U'5	32	32	32	32	32	32	32
U'6	32	32	32	32	32	32	32

Tabel 07

B. Dinding Timur

Titik Ukur	Temp. Permukaan (°C)						Rata-rata (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
Luar:							
T1	30	30	33	34	33	33	32,16667
T2	30	30	33	34	33	33	32,16667
T3	30	30	33	34	33	33	32,16667

Titik Ukur	Temp. Permukaan (°C)						Rata-rata (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
Luar:							
T4	30	30	33	34	33	33	32,16667
T5	30	30	33	34	33	33	32,16667
T6	30	30	33	34	33	33	32,16667
Dalam:							
T'1	31	31	32	32	32	32	31,66667
T'2	31	31	32	32	32	32	31,66667
T'3	31	31	32	32	32	32	31,66667
T'4	31	31	32	32	32	32	31,66667
T'5	31	31	32	32	32	32	31,66667
T'6	31	31	32	32	32	32	31,66667

Tabel 08

C. Dinding Selatan

Titik Ukur	Temp. Permukaan (°C)						Rata-rata (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
Luar:							
S1	30	30	33	32	32	33	31,66667
S2	30	30	33	32	33	33	31,83333
S3	30	30	33	32	33	33	31,83333
S4	30	30	33	32	32	33	31,66667
S5	30	30	33	32	33	33	31,83333
S6	30	30	33	32	33	33	31,83333
Dalam							
S1'	31	31	32	32	32	32	31,66667
S2'	31	31	32	32	32	32	31,66667
S3'	31	31	32	32	32	32	31,66667
S4'	31	31	32	32	32	32	31,66667
S5'	31	31	32	32	32	32	31,66667
S6'	31	31	32	32	32	32	31,66667

Tabel 09

D. Dinding Barat

Titik Ukur	Temp. Permukaan (°C)						Rata-rata (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
Luar:							
B1	30	30	33	36	37	34	33,33333
B2	30	30	33	36	37	34	33,33333
B3	30	30	33	36	37	34	33,33333
B4	30	30	33	37	36	34	33,33333
B5	30	30	33	37	36	35	33,5
S6	30	30	33	37	36	35	33,5
Dalam							
B1'	31	31	32	33	32	32	31,83333
B2'	31	31	32	33	32	32	31,83333
B3'	31	31	32	33	32	32	31,83333
B4'	31	31	32	33	32	32	31,83333
B5'	31	31	32	33	32	32	31,83333
B6'	31	31	32	33	32	32	31,83333

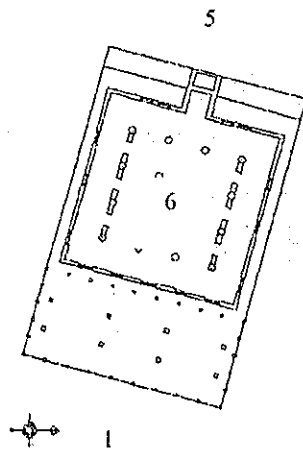
Tabel 10

5.3. ANALISIS

5.3.1. Analisis Uji Hipotesis Satu

Uji hipotesis satu bertujuan menjelaskan bahwa kondisi temperatur lingkungan berpengaruh terhadap temperatur di dalam bangunan. Dari hasil pengukuran (diagram 5.1) terlihat bahwa perubahan temperatur lingkungan diikuti dengan perubahan temperatur pada ruang shalat utama.

Diagram 5.4. menjelaskan temperatur pada lingkungan dan pada ruang shalat utama. Titik 1 terletak pada lingkungan (sebelah timur) bangunan, titik 5 terletak pada lingkungan di sebelah barat bangunan, dan titik 6 adalah titik pada ruang shalat utama. Dari diagram 5.4. terlihat bahwa perubahan temperatur lingkungan (titik ukur 1 dan 5) selalu diikuti dengan perubahan temperatur di dalam bangunan.



Gambar 5.2. Denah kunci: Titik ukur 1 dan 6

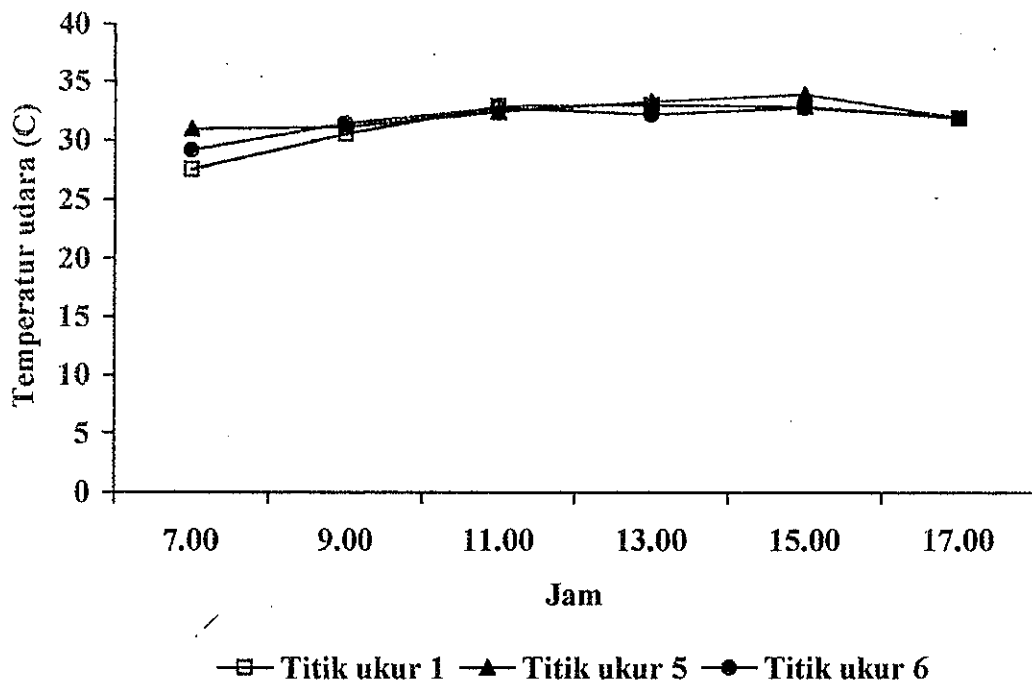


Diagram 5.4. Perbandingan temperatur pada titik ukur 1, 5, dan 6

Peningkatan temperatur ruangan (titik 6) mengikuti peningkatan temperatur lingkungan (titik 1) hanya terjadi pada jam 7.00 sampai 11.00. Setelah jam 11.00, kenaikan temperatur lingkungan (titik 1) tidak selalu diikuti dengan kenaikan temperatur ruangan (titik 6).

Temperatur lingkungan pada titik ukur 5 cenderung tidak memberi pengaruh terhadap kondisi temperatur ruangan. Pada jam 7.00 sampai jam 11.00, temperatur lingkungan titik 5 naik secara perlahan, sedangkan titik ukur 1 dan 6 naik cukup cepat.

Titik ukur 1 mencapai temperatur maksimal pada jam 13.00, setelah jam 13.00 temperatur titik ukur 1 mulai turun. Sedangkan titik ukur 5 dan 6 mencapai temperatur maksimal pada jam 15.00, kemudian baru setelah jam 15.00 temperatur mulai turun.

A. Analisis Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Temperatur pada Ruang Shalat Utama

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh temperatur lingkungan terhadap kondisi temperatur di dalam ruang shalat utama digunakan analisis statistik, yaitu dengan menggunakan regresi linier (regresi sederhana). Regresi sederhana digunakan karena pada uji hipotesis ini hanya terdapat satu variabel bebas (temperatur lingkungan; titik 1) dan satu variabel bergantung (temperatur ruang shalat utama; titik 6). Titik ukur 1 pada lingkungan dipilih karena pergerakan arah angin rata-rata berasal dari arah timur (titik ukur 1). Dengan demikian setiap perubahan kondisi lingkungan (peningkatan atau penurunan temperatur udara) pada titik ukur 1 akan terbawa oleh pergerakan udara kedalam bangunan (titik ukur 6).

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
TITIK_6	31,8000	1,37113	6
TITIK_1	31,5667	2,16395	6

Tabel 11

Correlations

		TITIK_6	TITIK_1
Pearson Correlation	TITIK_6	1,000	,980
	TITIK_1	,980	1,000
Sig. (1-tailed)	TITIK_6	,	,000
	TITIK_1	,000	,
N	TITIK_6	6	6
	TITIK_1	6	6

Tabel 12

Tabel 12 menjelaskan hubungan (korelasi) dan signifikansi antara titik 6 (temperatur ruang shalat utama) dengan titik 1 (temperatur lingkungan). Nilai korelasi yang muncul adalah 0,98, hal ini menunjukkan hubungan yang sangat erat (nilai hubungan yang sempurna adalah 1). Arah hubungan yang positif (tidak ada nilai negatif pada angka 0,98) menunjukkan semakin tinggi temperatur lingkungan akan mengakibatkan meningkatnya temperatur pada ruang shalat utama.

Signifikansi koefisien korelasi satu sisi menghasilkan angka 0,00 atau 0. Karena probabilitas jauh dibawah angka 0,05 maka korelasi antara temperatur lingkungan dengan temperatur ruang shalat utama sangat nyata.

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	TITIK_1 ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TITIK_6

Tabel 13

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,980 ^a	,961	,951	,30433

a. Predictors: (Constant), TITIK_1

b. Dependent Variable: TITIK_6

Tabel 14

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9,030	1	9,030	97,495	,001 ^a
	Residual	,370	4	,093		
	Total	9,400	5			

a. Predictors: (Constant), TITIK_1

b. Dependent Variable: TITIK_6

Tabel 15

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	12,197	1,989		6,131	,004
	TITIK_1	,621	,063	,980	9,874	,001

a. Dependent Variable: TITIK_6

Tabel 16

Tabel 16 menunjukan suatu persamaan regresi: $Y=12,197+0,621X$, dimana Y adalah titik 6 (temperatur ruang shalat utama) dan X adalah titik 1 (temperatur lingkungan). Koefisien regresi 0,632 menunjukan bahwa setiap peningkatan temperatur lingkungan sebesar 1°C akan meningkatkan temperatur ruang shalat utama sebesar 0,632°C.

B. Kesimpulan Uji Hipotesis Satu

Baik secara deskriptif diagram dan perhitungan statistik terlihat bahwa kondisi thermal (temperatur udara) lingkungan berpengaruh terhadap kondisi thermal (temperatur udara) didalam bangunan. Perubahan temperatur udara lingkungan (temperatur menjadi lebih tinggi ataupun menjadi lebih rendah) selalu berdampak kepada kondisi temperatur di dalam bangunan meskipun tidak selalu terjadi dalam waktu yang bersamaan.

5.3.2. Analisis Uji Hipotesis Dua

Uji hipotesis dua membahas tiga hal, yaitu:

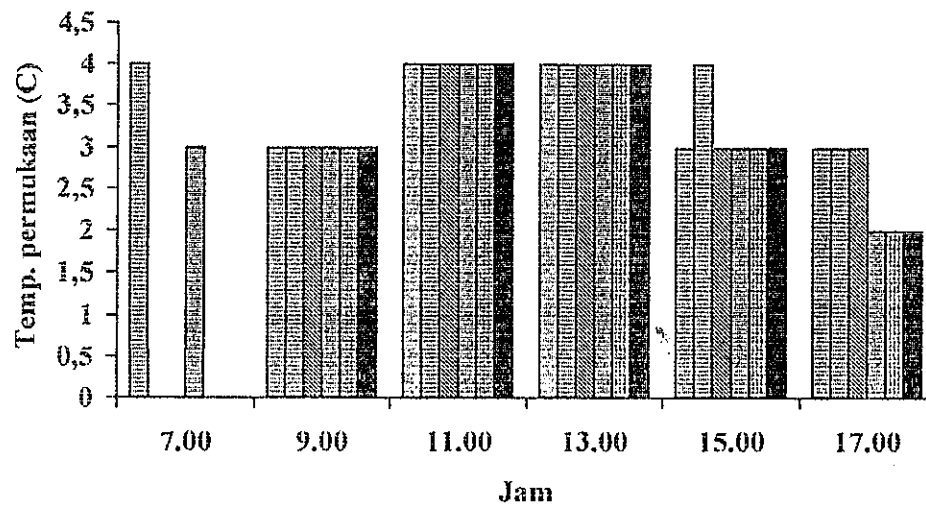
A. Analisis Perbedaan Temperatur Permukaan Dinding Luar dengan Dinding Dalam

1. Dinding Utara

Berdasarkan data dari tabel 07 (h. 90), maka selisih temperatur permukaan antara dinding luar dengan dinding dalam adalah sebagai berikut:

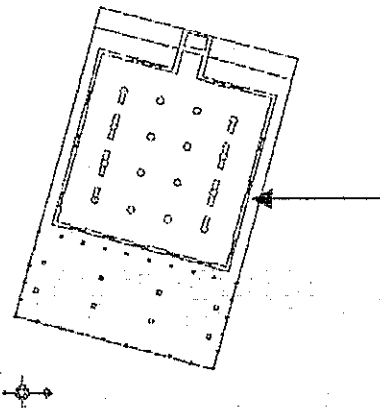
Titik Ukur	Selisih Temp. Permukaan Dinding (°C)						Rata-rata harian (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
U1-U'1	4	3	4	4	3	3	3,5
U2-U'2	0	3	4	4	4	3	3
U3-U'3	0	3	4	4	3	3	2,83333
U4-U'4	3	3	4	4	3	2	3,16667
U5-U'5	0	3	4	4	3	2	2,66667
U6-U'6	0	3	4	4	3	2	2,66667

Tabel 17



■ Titik ukur U1-U1' ■ Titik ukur U2-U2' ■ Titik ukur U3-U3'
 ■ Titik ukur U4-U4' ■ Titik ukur U5-U5' ■ Titik ukur U6-U6'

Diagram 5.5. Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam (fasade utara)



Gambar 5.3. Denah kunci: dinding utara

Pada jam 7.00 perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam pada posisi 2-2', 3-3', 5-5', dan 6-6' (2 dan 5 berada pada 2 m diatas lantai, sedangkan 3 dan 6 berada pada 3 m dari lantai) adalah 0 °C hal ini disebabkan permukaan dinding luar belum terpengaruh oleh peningkatan temperatur lingkungan dan radiasi matahari sehingga memiliki temperatur

permukaan yang sama dengan dinding dalam. Sedangkan pada posisi 1-1' dan 4-4' dinding telah terkena radiasi matahari langsung sehingga permukaan dinding luar jauh lebih panas dibandingkan permukaan dinding dalam.

Analisis berdasarkan ketinggian titik ukur dari muka lantai menunjukkan bahwa pada ketinggian 1m (notasi '1' dan '4') mempunyai rata-rata harian perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam yang paling besar, yaitu rata-rata 3,5 °C dan 3,17 °C. Tingginya perbedaan temperatur ini disebabkan pada sekitar pukul 6.30 sampai 9.00 permukaan dinding luar terkena sinar matahari langsung (pada pengukuran jam 7.00, sinar jatuh sampai ketinggian 50 cm dari permukaan lantai koridor utara), setelah jam 9.00 seluruh fasade luar dinding utara terlindungi dari sinar matahari langsung. Tabel 18 memperlihatkan bahwa semakin tinggi posisi titik ukur dari muka lantai (titik '1' pada ketinggian 1m, titik '2' pada ketinggian 2m, dan titik '3' pada ketinggian 3m) maka rata-rata perbedaan temperatur permukaan semakin kecil.

Bila dianalisis secara keseluruhan (seluruh dinding fasade utara), maka perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam terbesar terjadi pada jam 11.00 dan 13.00, matahari berada pada posisi tertinggi sehingga mempunyai tingkat radiasi yang tinggi yang mengakibatkan lingkungan menjadi panas, yaitu sebesar 4°C dan kemudian setelah jam 13.00 menurun.

Secara keseluruhan, rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam untuk dinding utara adalah 2,972 °C.

2. Dinding Timur

Berdasarkan data dari tabel 08 (h. 91), maka selisih temperatur permukaan antara dinding luar dengan dinding dalam adalah sebagai berikut:

Titik Ukur	Selisih Temp. Permukaan Dinding (°C)						Rata-rata harian (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
T1-T'1	-1	-1	1	2	1	1	1,16667
T2-T'2	-1	-1	1	2	1	1	1,16667
T3-T'3	-1	-1	1	2	1	1	1,16667
T4-T'4	-1	-1	1	2	1	1	1,16667
T5-T'5	-1	-1	1	2	1	1	1,16667
T6-T'6	-1	-1	1	2	1	1	1,16667

Tabel 18

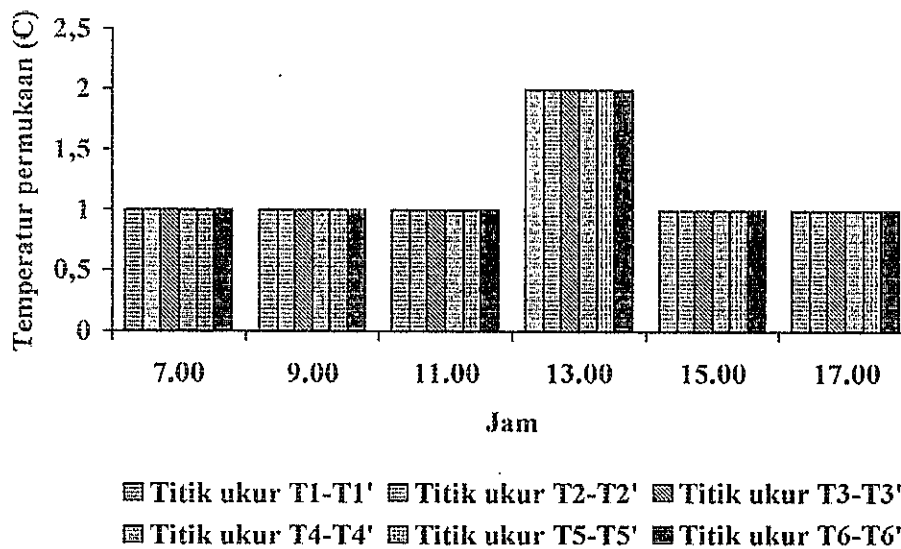
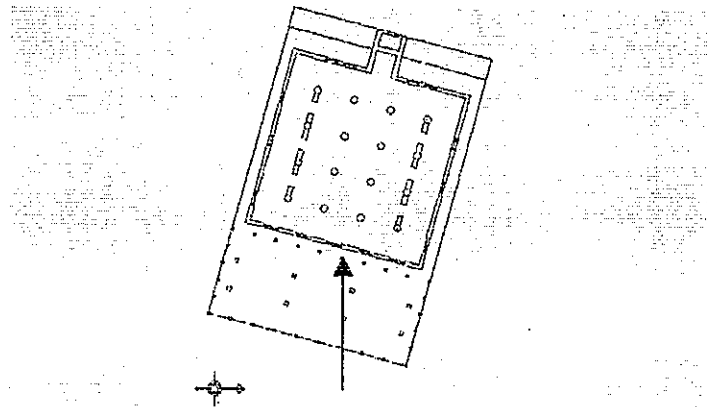


Diagram 5.6. Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam (fasade timur)

Tanda negatif pada tabel 18 (jam 7.00 dan 9.00) menunjukkan bahwa temperatur permukaan dinding dalam lebih tinggi dari temperatur permukaan dinding luar (temperatur permukaan dinding luar adalah 30°C sedangkan temperatur permukaan dinding dalam adalah 31°C). Kondisi ini terjadi karena dinding luar telah mengalami 'pendinginan' oleh udara malam dari lingkungan yang mempunyai temperatur lebih rendah dari pada

UPT-PUSTAK UIN

di dalam bangunan. Sedangkan dinding dalam diperkirakan masih dalam proses pendinginan setelah tercapai puncak *time lag* pada malam hari.



Gambar 5.4. Denah kunci: dinding timur

Analisis berdasarkan ketinggian titik ukur dari muka lantai menunjukkan bahwa posisi ketinggian tidak memberikan pengaruh kepada rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam. Hal ini terjadi karena pada fasade timur yang mempengaruhi temperatur permukaan hanya kondisi lingkungan serambi, sehingga memberikan pengaruh panas pada dinding luar secara relatif sama pada semua posisi pengukuran.

Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur lingkungan sebagai akibat akumulasi panas lingkungan dan radiasi matahari. Bila dianalisis secara keseluruhan (seluruh dinding fasade timur), maka perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam terbesar terjadi pada jam 13.00 yaitu sebesar 2 °C yang kemudian turun menjadi 1 °C pada jam 15.00 bersamaan dengan semakin rendahnya posisi matahari. Dengan rendahnya posisi matahari menyebabkan sisi timur bangunan (masjid) menjadi daerah bayangan, yang menyebabkan temperatur lingkungan ikut menjadi rendah.

Secara keseluruhan, rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam untuk dinding timur adalah 1,167°C.

3. Dinding Selatan

Berdasarkan data dari table 09 (h. 91), maka selisih temperatur permukaan antara dinding luar dengan dinding dalam adalah sebagai berikut:

Titik Ukur	Selisih Temp. Permukaan Dinding (°C)						Rata-rata harian (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
S1-S'1	-1	-1	1	0	0	1	0,66667
S2-S'2	-1	-1	1	0	1	1	0,83333
S3-S'3	-1	-1	1	0	1	1	0,83333
S4-S'4	-1	-1	1	0	0	1	0,66667
S5-S'5	-1	-1	1	0	1	1	0,83333
S6-S'6	-1	-1	1	0	1	1	0,83333

Tabel 19

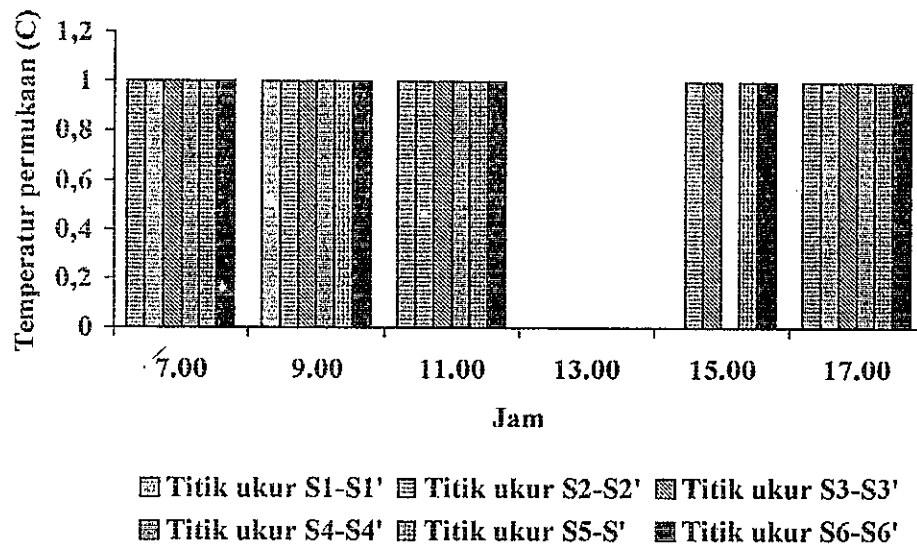
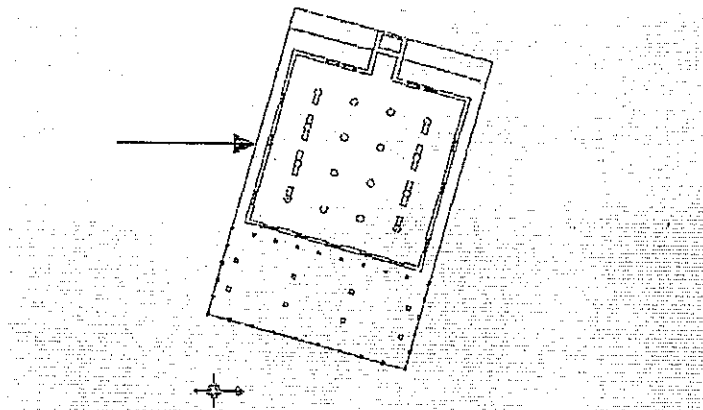


Diagram 5.7. Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam (fasade selatan)



Gambar 5.4. Denah kunci: dinding selatan

Tanda negatif pada tabel 19 (jam 7.00 dan 9.00) menunjukkan bahwa temperatur permukaan dinding dalam lebih tinggi dari temperatur permukaan dinding luar (temperatur permukaan dinding luar adalah 30°C sedangkan temperatur permukaan dinding dalam adalah 31°C). Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam meningkat drastis (naik 2°C) pada jam 11.00 menjadi 1°C bersamaan meningkatnya temperatur lingkungan. Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam kemudian menjadi 0°C pada jam 13.00, dimana temperatur dinding luar menjadi turun sehingga sama dengan temperatur permukaan dinding dalam. Penurunan temperatur permukaan disebabkan setelah jam 12.00 matahari relatif berada pada sisi utara bangunan sehingga sisi selatan mulai mendapat pembayangan dari bangunan masjid itu sendiri. Tetapi pada jam 17.00, perbedaan temperatur permukaan kembali meningkat menjadi 1°C , hal ini dapat terjadi mengingat temperatur lingkungan yang selalu fluktuasi, dalam hal ini, temperatur lingkungan meningkat pada pukul 15.00 dan sedikit turun pada pukul 17.00.

Terjadinya perbedaan temperatur permukaan berdasarkan ketinggian posisi titik ukur pada jam 15.00 disebabkan pada temperatur permukaan dinding luar dengan posisi titik ukur yang lebih tinggi mengalami peningkatan. Peningkatan temperatur ini dipengaruhi oleh panas dari atap, sedangkan pada ketinggian yang lebih rendah masih belum terpengaruh.

Baru nanti pada jam 17.00 temperatur permukaan dinding pada posisi 1 dan 4 ikut meningkat.

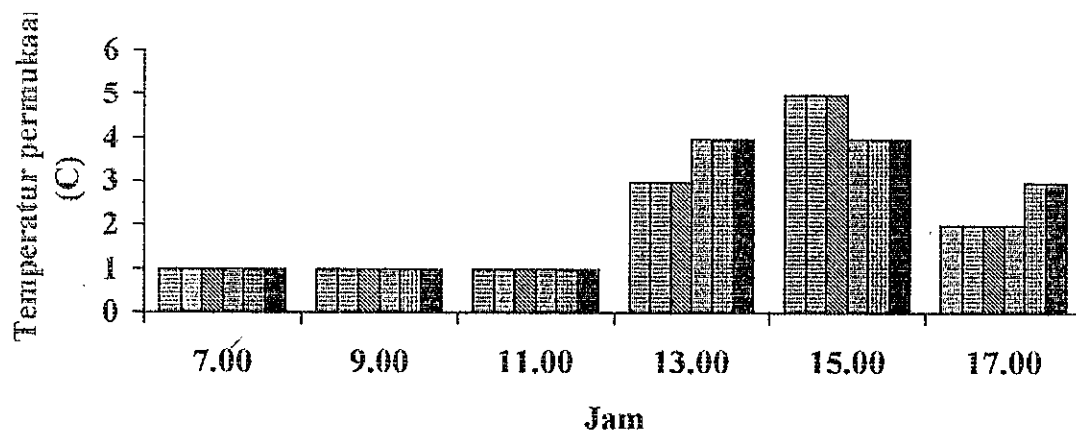
Secara keseluruhan, rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam untuk dinding selatan adalah $0,778^{\circ}\text{C}$.

4. Dinding Barat

Berdasarkan data dari tabel 10 (h. 92), maka selisih temperatur permukaan antara dinding luar dengan dinding dalam adalah sebagai berikut:

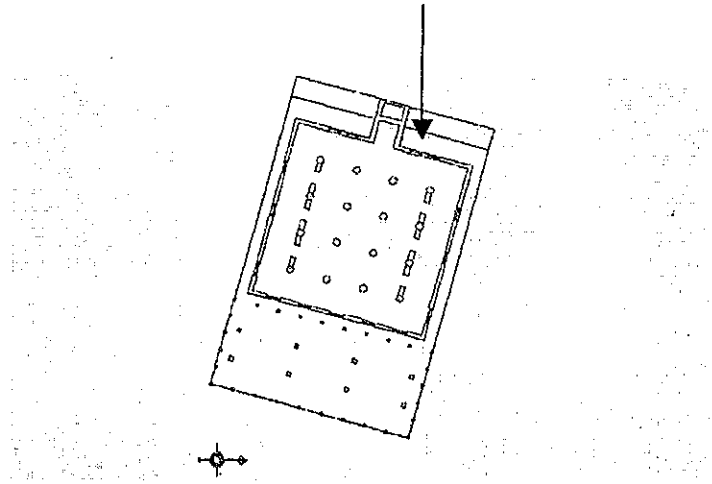
Titik Ukur	Selisih Temp. Permukaan Dinding (°C)						Rata-rata harian (°C)
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
B1-B'1	-1	-1	1	3	5	2	2,16667
B2-B'2	-1	-1	1	3	5	2	2,16667
B3-B'3	-1	-1	1	3	5	2	2,16667
B4-B'4	-1	-1	1	4	4	2	2,16667
B5-B'5	-1	-1	1	4	4	3	2,33333
B6-B'6	-1	-1	1	4	4	3	2,33333

Tabel 20



■ Titik ukur B1-B'1 ■ Titik ukur B2-B'2 ■ Titik ukur B3-B'3
 ■ Titik ukur B4-B'4 ■ Titik ukur B5-B'5 ■ Titik ukur B6-B'6

Diagram 5.8. Perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam (fasade selatan)



Gambar 5.5. Denah kunci: dinding barat

Tanda negatif pada tabel 20 (jam 7.00 dan 9.00) menunjukkan bahwa temperatur permukaan dinding dalam lebih tinggi dari temperatur permukaan dinding luar (temperatur permukaan dinding luar adalah 30°C sedangkan temperatur permukaan dinding dalam adalah 31°C).

Dinding barat merupakan fasade yang baru mengalami ‘pemanasan’ oleh matahari pada pukul 13.00, pada saat matahari mulai berada di barat. Tetapi dinding barat juga telah mengalami ‘pemanasan’ oleh lingkungan sejak matahari terbit. Meningkatnya temperatur permukaan dinding luar sebagai ‘pemanasan’ lingkungan berjalan lambat, baru setelah jam 11.00 terjadi perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam sebesar 1°C . Kemudian setelah jam 12.00 dinding barat juga mengalami ‘pemanasan’ oleh matahari, dan sebagai akibatnya terjadi peningkatan perbedaan temperatur dinding luar dengan dalam yang drastis. Terjadi perbedaan temperatur dinding luar dengan dalam sampai 5°C , yaitu pada jam 15.00 pada titik ukur 1, 2, dan 3, pada posisi ini dinding terkena sinar matahari langsung. Perbedaan temperatur permukaan kemudian turun cukup banyak pada jam 17.00, menjadi 2 dan 3°C , bersamaan dengan mulai terbenamnya matahari.

Bila dianalisis secara keseluruhan (seluruh dinding fasade barat), maka perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam terbesar terjadi pada jam 15.00 yaitu sebesar $4,5^{\circ}\text{C}$ yang kemudian setelah jam 15.00 menurun.

Secara umum, rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam untuk dinding barat dalam adalah $2,222^{\circ}\text{C}$.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari analisis rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam adalah sebagai berikut:

- Rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding utara adalah $2,972^{\circ}\text{C}$.
- Rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding timur adalah $1,167^{\circ}\text{C}$.
- Rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding selatan adalah $0,778^{\circ}\text{C}$.
- Rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding barat adalah $2,222^{\circ}\text{C}$.

Terjadi perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam yang berbeda untuk tiap arah orientasi dinding. Semakin besar rata-rata perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam menunjukkan bahwa semakin tinggi rata-rata temperatur permukaan dinding luar.

Temperatur permukaan dinding luar akan dipengaruhi oleh temperatur lingkungan dan posisi matahari. Semakin banyak radiasi matahari jatuh pada permukaan dinding luar, semakin tinggi temperatur permukaan dinding. Dan banyaknya radiasi matahari yang diterima permukaan dinding akan sangat bergantung pada orientasinya. Karena waktu pengukuran lapangan dilakukan pada bulan Mei, maka matahari berada pada bumi belahan utara sehingga arah orientasi timur, utara, dan barat akan menerima radiasi matahari lebih besar dibandingkan arah orientasi selatan. Sedangkan pengaruh panas oleh udara mempunyai dampak relatif lebih kecil dibandingkan radiasi matahari.

Tingginya temperatur permukaan dinding utara disebabkan karena hampir sepanjang hari matahari berada belahan bumi utara, sehingga dinding mengalami 'pemanasan' baik secara radiasi langsung ataupun secara konveksi oleh angin. Temperatur permukaan dinding barat juga mengalami 'pemanasan' terutama setelah jam 13.00 dimana matahari berada di sebelah barat bangunan. 'Pemanasan' dinding barat juga terjadi secara radiasi langsung ataupun secara konveksi oleh angin. Dinding timur mengalami 'pemanasan' terutama karena konveksi, hal ini disebabkan karena adanya serambi pada sisi timur bangunan maka sepanjang hari dinding timur terlindung dari radiasi matahari langsung. Hal yang juga dialami oleh dinding selatan yang tidak terkena radiasi matahari langsung.

Terjadinya perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam yang besar (5 °C) pada fasade barat menunjukkan bahwa ketebalan dinding 80cm mempunyai kemampuan menahan panas yang cukup baik.

B. Analisis Perbedaan Temperatur Permukaan Dinding Karena Ragam Lapisan

Dinding Utara (dalam)

Titik Ukur	Temp. Permukaan Dinding (°C)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Kanan						
U1' (tegel porselin)	31	32	32	32	32	32
U2'	32	32	32	32	32	32
U3'	32	32	32	32	32	32
Selisih	1	0	0	0	0	0
Kiri						
U4' (tegel porselin)	32	32	32	32	32	32
U5'	32	32	32	32	32	32
U6'	32	32	32	32	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0

Tabel 21

2. Dinding Timur (dalam)

Titik Ukur	Temp. Permukaan Dinding (°C)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Kanan						
T1' (tegel porselin)	31	31	32	32	32	32
T2'	31	31	32	32	32	32
T3'	31	31	32	32	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0
Kiri						
T4' (tegel porselin)	31	31	32	32	32	32
T5'	31	31	32	32	32	32
T6'	31	31	32	32	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0

Tabel 22

3. Dinding Selatan (dalam)

Titik Ukur	Temp. Permukaan Dinding (°C)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Kanan						
S1' (tegel porselin)	31	31	32	32	32	32
S2'	31	31	32	32	32	32
S3'	31	31	32	32	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0
Kiri						
S4' (tegel porselin)	31	31	32	32	32	32
S5'	31	31	32	32	32	32
S6'	31	31	32	32	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0

Tabel 23

4. Dinding Barat (dalam)

Titik Ukur	Temp. Permukaan Dinding (°C)					
	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Kanan						
B1' (tegel porselin)	31	31	32	33	32	32
B2'	31	31	32	33	32	32
B3'	31	31	32	33	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0
Kiri						
B4' (tegel porselin)	31	31	32	33	32	32
B5'	31	31	32	33	32	32
B6'	31	31	32	33	32	32
Selisih	0	0	0	0	0	0

Tabel 24

Berdasarkan data-data hasil pengukuran dan analisis (tabel 21-24) didapatkan bahwa ternyata tidak ada perbedaan temperatur antara dinding dengan lapisan tegel porselin dengan dinding tanpa lapisan tegel porselin (pembandingan dinding dengan lapisan keramik dengan dinding tanpa lapisan keramik hanya dilakukan pada dinding dalam). Hanya terjadi perbedaan temperatur permukaan dinding dengan lapisan tegel porselin dengan yang tanpa lapisan pada dinding utara pada jam 7.00, dimana temperatur permukaan dinding dengan lapisan tegel porselin lebih rendah 1 °C. Dari data pengukuran juga terlihat bahwa perbedaan lokasi (sisi kiri dan sisi kanan fasade) dan ketinggian titik ukur cenderung tidak menyebabkan perbedaan temperatur permukaan dinding dengan lapisan tegel porselin dan tanpa lapisan tegel porselin.

Tidak terjadinya perbedaan temperatur permukaan antara dinding dengan lapisan tegel porselin dengan dinding tanpa lapisan dapat terjadi disebabkan karena pengaruh *time lag* yang sangat lama.

C. *Time Lag*

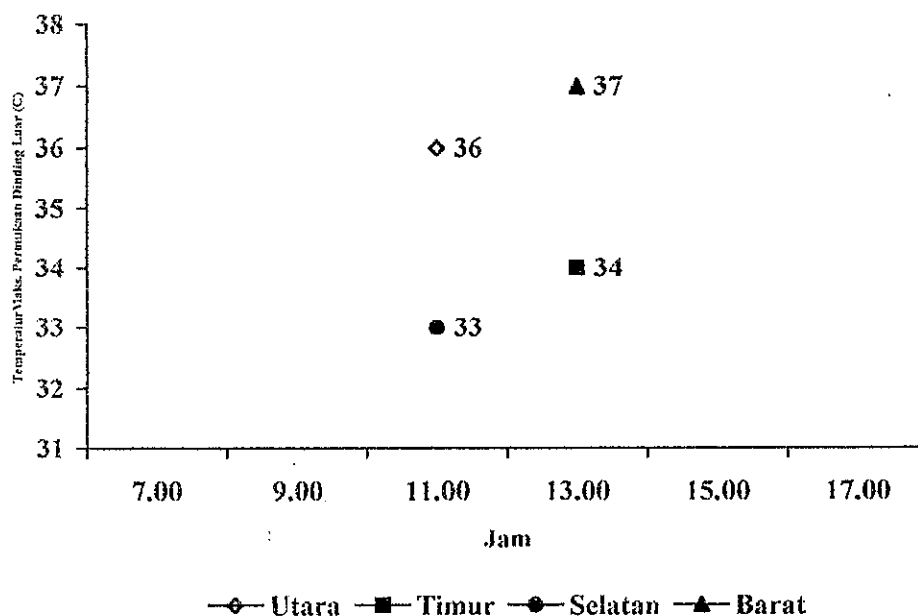


Diagram 5.9. Temperatur maksimal permukaan dinding luar

Time lag suatu dinding ditentukan berdasarkan waktu yang dibutuhkan oleh dinding dalam untuk mempunyai temperatur yang sama dengan temperatur maksimal dinding luar. Berdasarkan data pada tabel 07, 08, 09, dan 10, maka terlihat bahwa besarnya temperatur maksimal permukaan dinding luar berbeda-beda untuk tiap arah orientasi dinding. Temperatur permukaan dinding luar paling tinggi adalah 37 °C untuk fasade barat, sedangkan temperatur permukaan dinding dalam paling tinggi adalah 32 °C (sampai pengukuran jam 17.00).

Hal ini berarti selama 10 jam (dari jam 7.00 sampai jam 17.00) waktu pengukuran temperatur maksimal permukaan dinding dalam belum sama dengan temperatur maksimal dinding luar. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa *time lag* dari dinding masjid adalah lebih dari 10 jam. Tetapi bila waktu tercapainya *time lag* pada dinding (yaitu jam 11.00 untuk dinding selatan) yang dipakai sebagai acuan, maka *time lag* dinding adalah lebih dari 6 jam (dari jam 11.00 sampai 17.00). (Sebagai perbandingan

bahwa standar *time lag* untuk bata dengan ketebalan 12 inci atau sekitar 25 cm adalah 8,5 jam; Egan, 1975: 84).

D. Kesimpulan Uji Hipotesis Dua

1. Terjadi perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam yang beragam, bergantung kepada arah orientasi dinding. Kondisi ini disebabkan pengukuran dilakukan pada bulan Mei maka matahari berada di belahan bumi bagian utara, ini mengakibatkan matahari lebih banyak menyinari bangunan pada dinding utara, timur, dan barat (bangun masjid tidak tepat berorientasi pada sumbu utara-selatan).
2. Pengaruh ragam lapisan dinding kurang (tidak) berpengaruh terhadap perbedaan temperatur permukaan. Kondisi ini terjadi karena pengaruh besarnya nilai *time lag*.
3. Ketebalan dan material dinding menyebabkan memungkinkan terjadinya perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam mencapai 5 °C dan *time lag* yang sangat lama (lebih dari 10 jam). Kondisi ini menyebabkan temperatur permukaan dinding dalam nyaris stabil (pada siang hari), yaitu pada temperatur 32 °C kecuali pada dinding barat yang sempat mencapai 33 °C pada jam 13.00. Artinya dinding berperan dalam mengurangi dan menjaga besarnya pelepasan panas oleh dinding, karena bila terjadi pelepasan panas oleh dinding secara cepat (sebagai akibat *time lag* dinding yang pendek), maka temperatur permukaan dinding dalam akan selalu meningkat dan dapat mencapai temperatur antara 33 sampai 37°C. Dari persamaan 10 (hal. 35) mengenai *MRT*, maka terlihat bahwa semakin besar nilai θt pada tiap dinding dalam maka nilai *MRT* membesar. Dampak dari membesarnya nilai *MRT* adalah dapat mengakibatkan ruang shalat menjadi panas, hal ini tidak menguntungkan terutama bila terjadi pada siang hari karena banyaknya kegiatan ibadah yang berlangsung.

5.3.3. Analisis Uji Hipotesis Tiga

Hipotesis tiga bertujuan untuk mencari signifikansi peranan dinding dan bukaan dinding. Signifikansi dinding dapat diketahui (secara kualitatif) dengan membandingkan tiga kondisi dan kemudian diperkuat dengan statistik (SPSS r. 11). Data yang digunakan dalam perbandingan adalah data temperatur efektif untuk masing-masing kondisi (dgn menggunakan diagram temperatur efektif; Lippsmeier, 1980: 58).

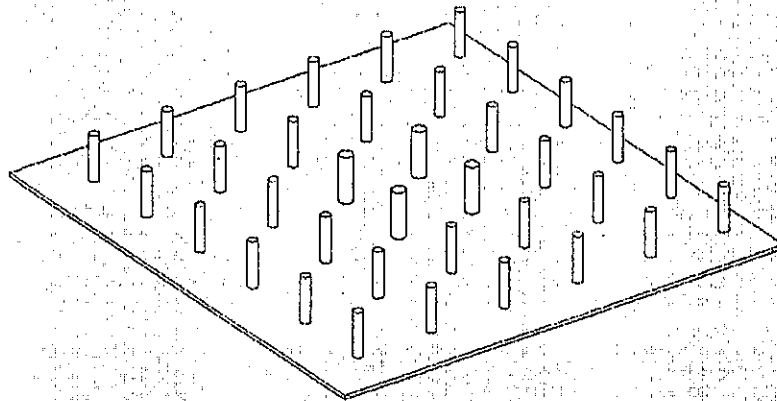
1. Kondisi A, seperti masjid di Jambi (Masjid Tiang Seribu), maka mesjid tidak mempunyai dinding, sehingga pada kondisi demikian dianggap dinding mempunyai peranan 0% tetapi pergerakan udara berperan 100% terhadap kondisi thermal di dalam ruangan. Kondisi ini diwakili oleh data pengukuran pada serambi Masjid Agung Demak.
2. Kondisi B, adalah kondisi masjid yang menjadi objek penelitian. Dimana temperatur di dalam bangunan tidak hanya dipengaruhi oleh dinding tetapi juga oleh variabel lain, yaitu pergerakan udara di dalam bangunan.
3. Kondisi C, adalah kondisi sangat ekstrim, dengan anggapan masjid terlindungi pada ke empat orientasinya oleh dinding, tanpa ada bukaan. Pada kondisi demikian dinding berperan 100% tetapi pergerakan udara berperan 0 % terhadap kondisi thermal di dalam bangunan. Data yang digunakan adalah data pengukuran dinding dalam pada Masjid Agung Demak, yang kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai MRT dengan persamaan 7, yaitu:

$$MRT = \frac{\sum t\theta}{360} = \frac{t_1\theta_1 + t_2\theta_2 + \dots + t_n\theta_n}{360}$$

A. Kondisi Thermal A

Analisis kondisi thermal serambi (mewakili kondisi A) dilakukan berdasarkan data pengukuran:

- Temperatur kering pada ruang shalat utama (tabel 3, titik ukur 2).
- Kelembaban relatif pada ruang shalat utama (tabel 4, titik ukur 2).
- Pergerakan udara pada ruang shalat utama (tabel 5, titik ukur 2).



Gambar 5.7. Kondisi A

Berdasarkan tabel-tabel tersebut dan analisis didapatkan kondisi thermal untuk kondisi 1 sebagai berikut:

Kondisi A	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Temperatur Kering (°C)	27,6	30,6	33	33,1	33	32,1
Kelembaban Udara (%)	75	61,6	55,7	55,7	54,6	51,5

Kondisi A	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Pergerakan Udara (m / dt)	0,5	0,6	0,7	1,1	0,5	0,3
Temperatur Lembab (°C). Dicari dengan diagram psikometri.	24,1	24,47	25,58	25,65	25,4	24,25
Temperatur Efektif (°C E.T.). Dicari dengan diagram E.T.	25	26,5	27,95	27,6	28	27,4
Kebutuhan pergerakan udara (m/ dt). Dicari dengan diagram <i>Comfort Zone</i> .	1,4	1,35	2,65	2,75	2,55	1,3

Tabel 25

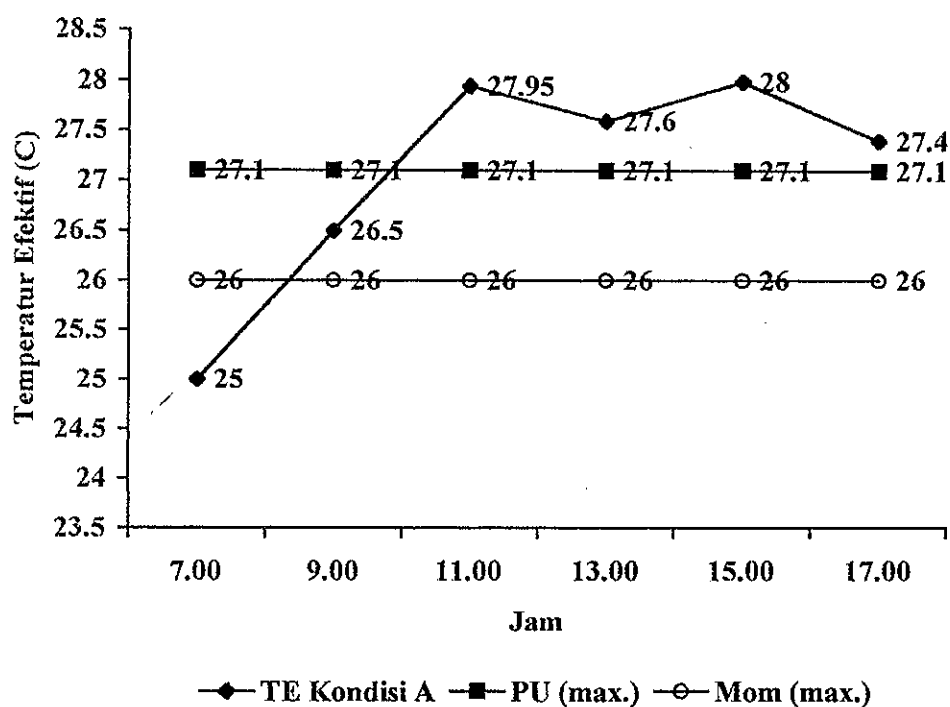
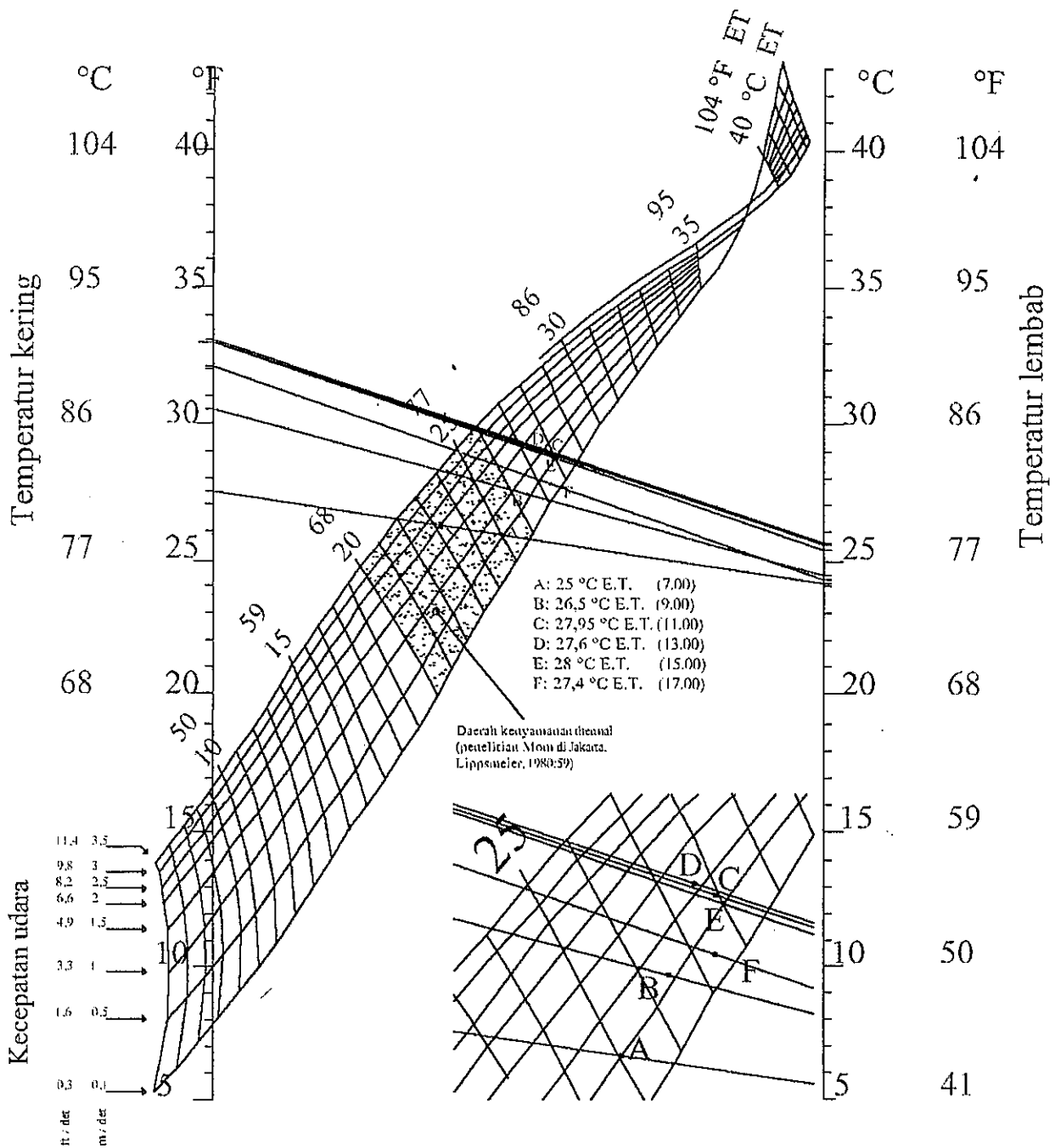


Diagram 5.10. TE Kondisi A (serambi)



Diaram 5.11. Analisis *Comfort Zone* untuk Kondisi A/ serambi

Sumber: Peneliti, data pengukuran: 21 Mei 2003

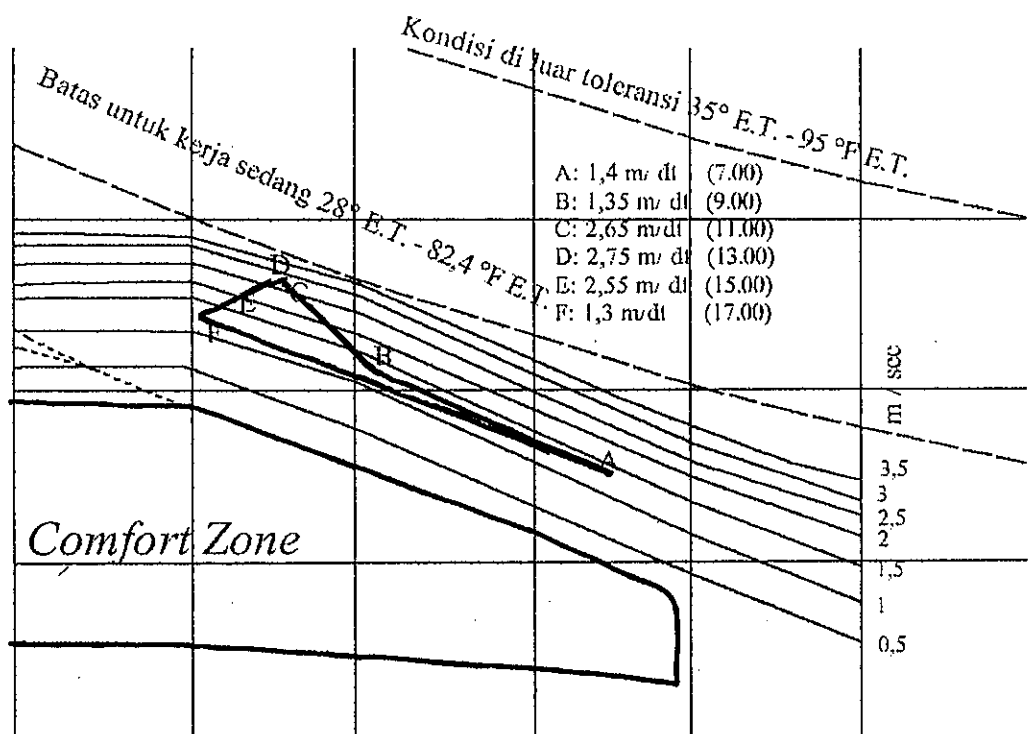
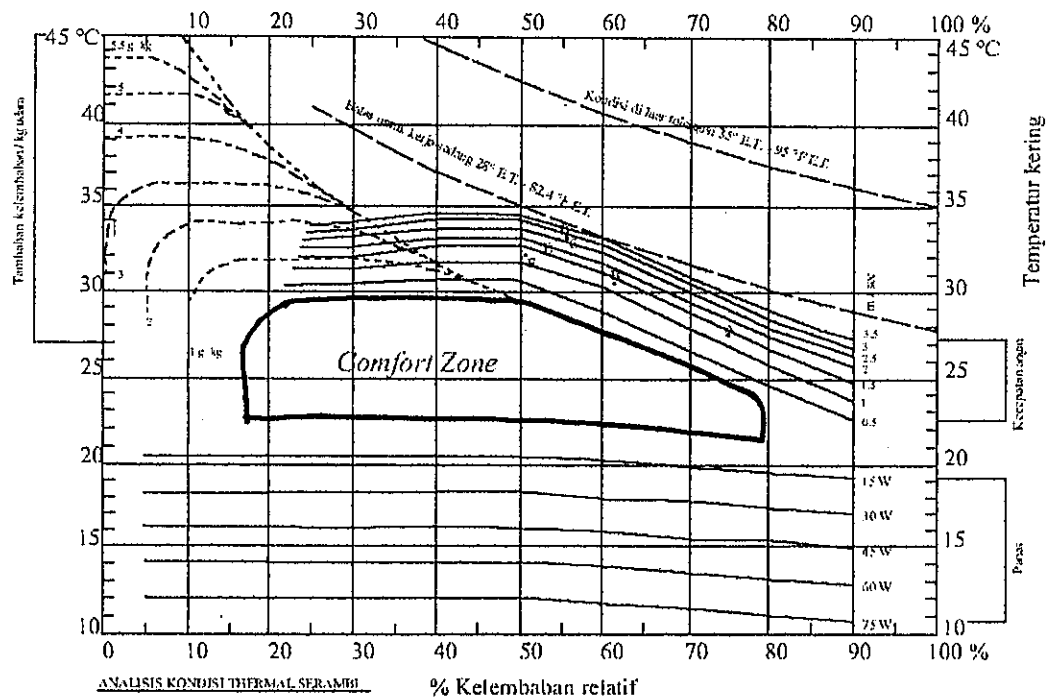


Diagram 5.12. Analisis *Comfort Zone* untuk Kondisi A/ serambi

Sumber: Peneliti, data pengukuran: 21 Mei 2003

Secara umum, kondisi kenyamanan thermal untuk tiap waktu pengukuran adalah sebagai berikut:

	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Standar PU, 1993	Kategori 2	Kategori 3	Panas	Panas	Panas	Panas
Standar Mom (20-26 °C E.T.)	Terpenuhi	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar
Diagram <i>Comfort Zone</i> (kebutuhan pergerakan udara)	Tidak terpenuhi	Tidak terpenuhi	Tidak terpenuhi	Tidak terpenuhi	Tidak terpenuhi	Tidak terpenuhi

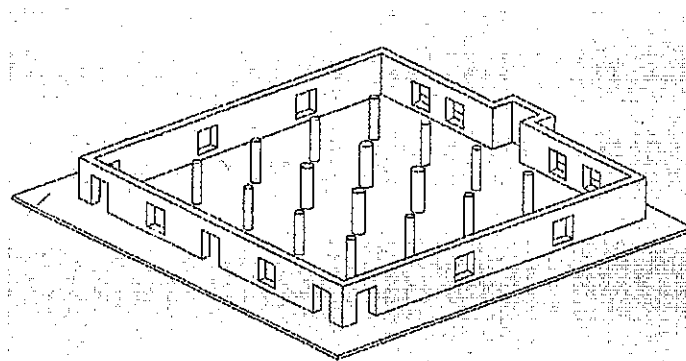
Tabel 26

B. Kondisi Thermal B

Data pengukuran lapangan yang dibutuhkan adalah:

- Temperatur kering pada ruang shalat utama (tabel 1, titik ukur 6).
- Kelembaban relatif pada ruang shalat utama (tabel 2, titik ukur 6).

Pergerakan udara pada ruang shalat utama (tabel 3, titik ukur 6).



Gambar 5.8. Kondisi B

Titik ukur 6 (ruang shalat utama)	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Temperatur Kering ($^{\circ}\text{C}$)	29,2	31,5	32,8	32,3	32,9	32,1
Kelembaban Udara (%)	68	62,8	58,8	59,2	55,3	61,1
Pergerakan Udara (m / dt)	0,1	0,2	0,7	0,1	0,3	0,2
Temperatur Lembab ($^{\circ}\text{C}$). Dicari dengan diagram psikometri.	24,42	25,6	25,98	25,61	25,4	25,81
Temperatur Efektif ($^{\circ}\text{C TE}$). Dicari dengan diagram E.T.	26,6	28	28	28,4	28,2	28,3
Kebutuhan pergerakan udara (m/ dt). Dicari dengan diagram <i>Comfort</i> <i>Zone</i> .	1,45	2,35	2,9	2,45	2,55	2,55

Tabel 27

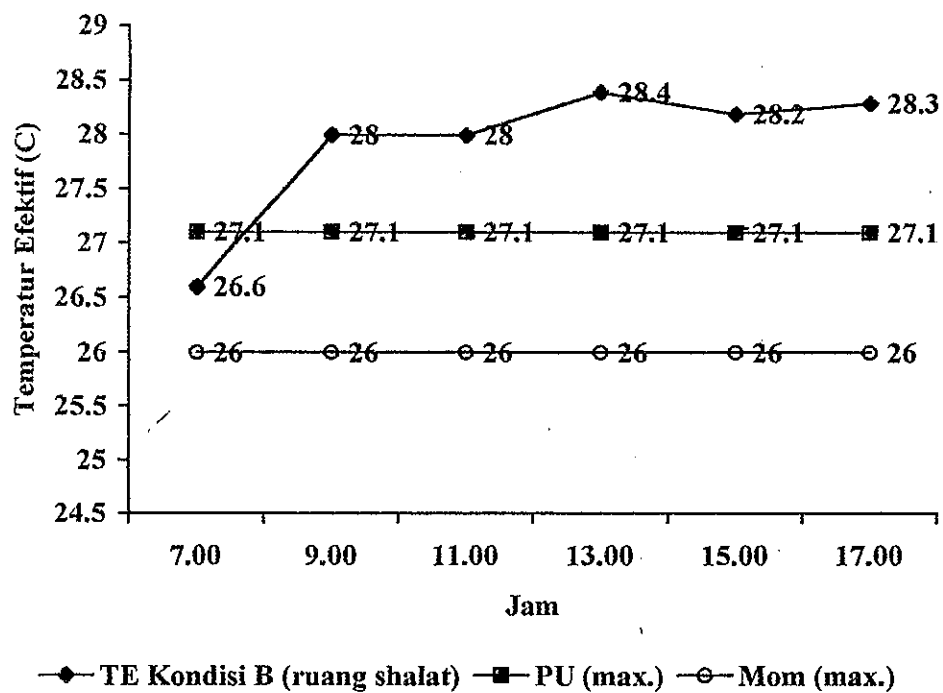


Diagram 5.13. TE Kondisi B (ruang shalat utama)

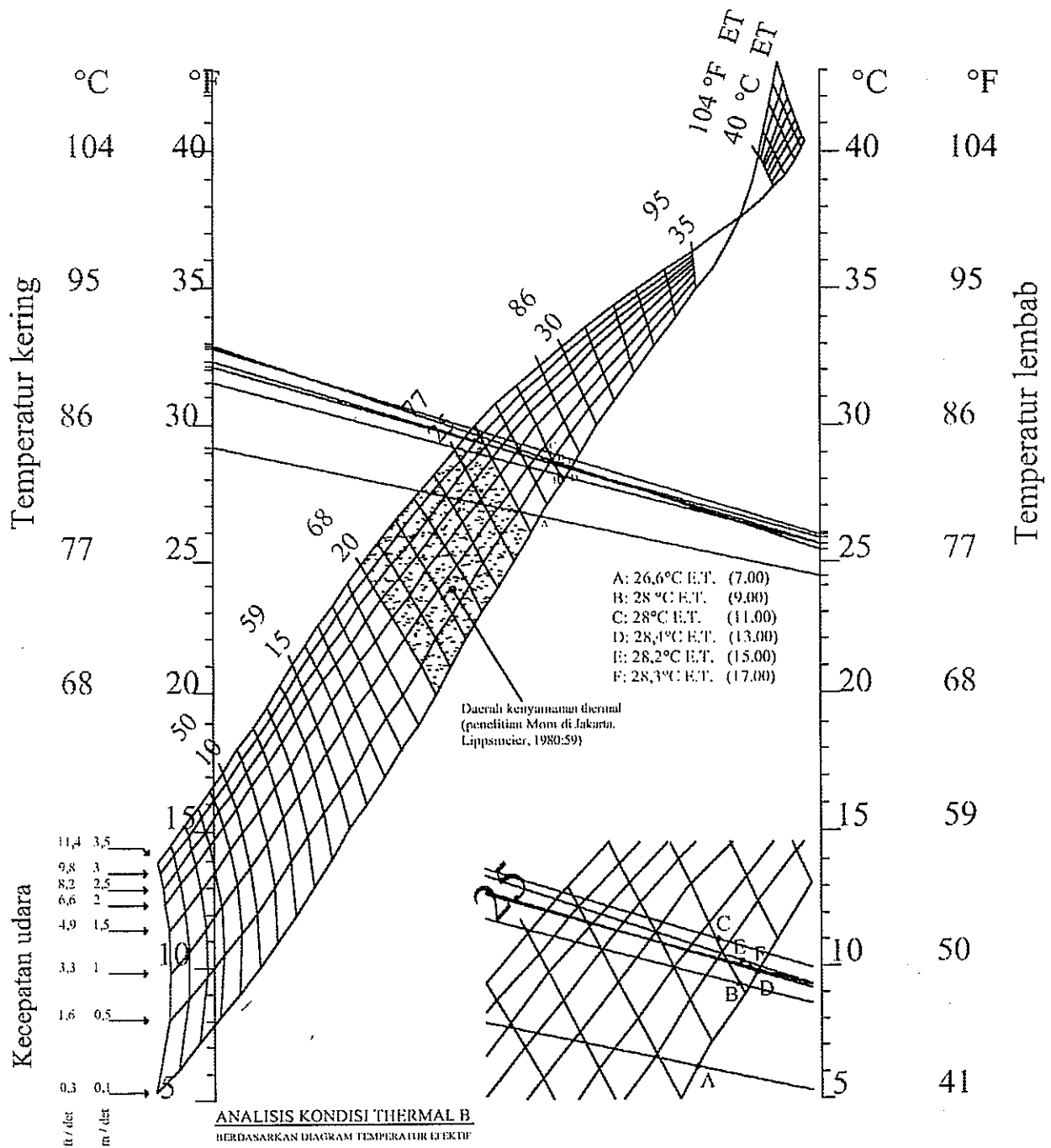
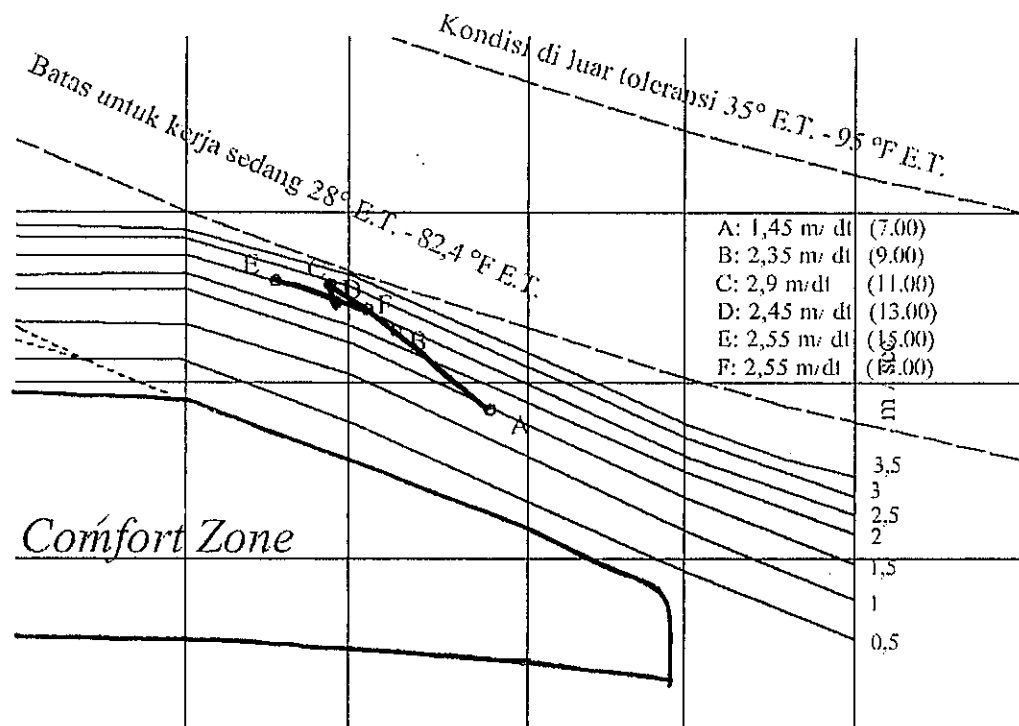
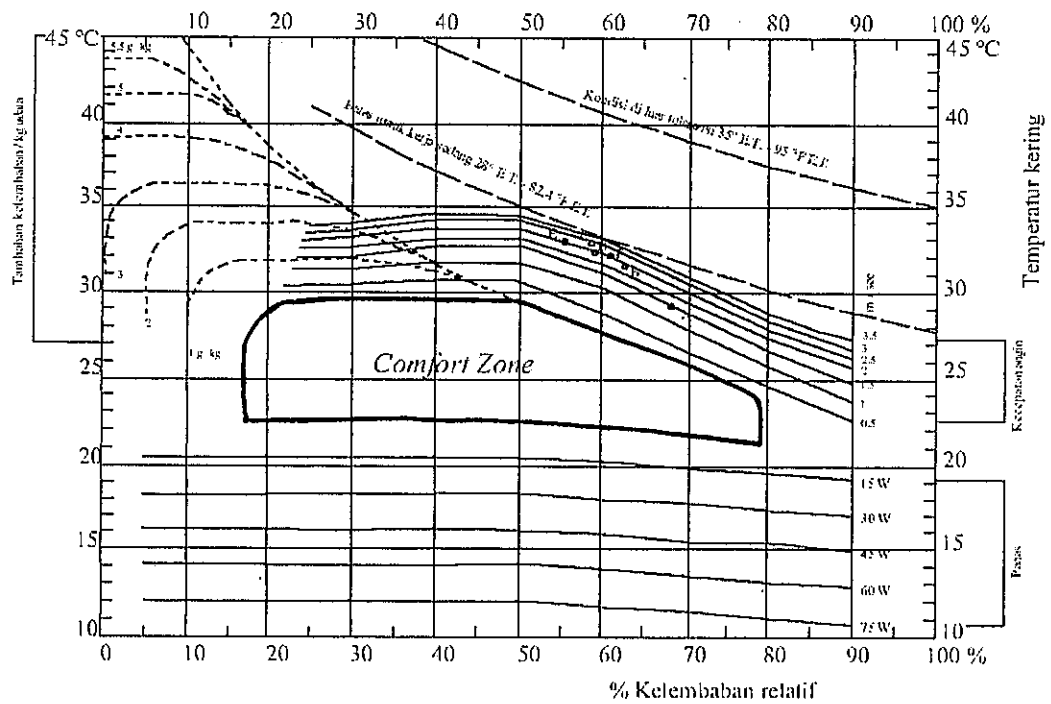


Diagram 5.14. Analisis T.E. untuk Kondisi B (ruang shalat utama)

Sumber: Peneliti, data pengukuran: 21 Mei 2003.



Diaram 5.15. Analisis Comfort Zone untuk Kondisi B (ruang shalat utama)

Sumber: Peneliti, data pengukuran: 21 Mei 2003

	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
Standar PU, 1993	Kata gori 3	Panas	Panas	Panas	Panas	Panas
Standar Mom (20-26 °C E.T.)	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar	Di atas standar
Diagram <i>Comfort Zone</i> (kebutuhan pergerakan udara)	Tidak terpen uhi	Tidak terpen uhi	Tidak terpen uhi	Tidak terpen uhi	Tidak terpen uhi	Tidak terpen uhi

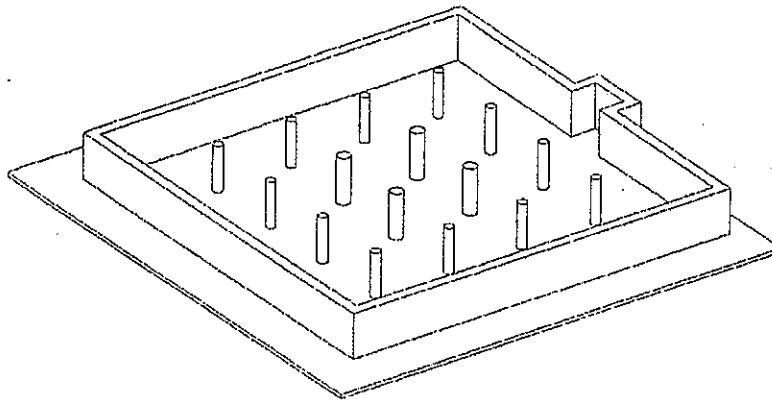
Tabel 28

Berdasarkan tabel 28 dan diagram 5.13. terlihat bahwa sepanjang hari kondisi thermal ruang shalat utama berada diluar standar kenyamanan thermal (standar Mom). Ruang shalat utama masuk standar PU yaitu nyaman katagori 3 (hangat nyaman) hanya pada jam 7.00, selebihnya berada diluar standar PU.

Peneliti menyimpulkan bahwa secara umum bila menggunakan standar Mom. dan PU maka (mulai pukul 7.00 sampai 15.00) tidak terjadi kenyamanan thermal pada ruang shalat utama.

C. Kondisi Thermal C

Kondisi C merupakan kondisi ekstrim, yang pada saat ini diwakili oleh gedung-gedung kaca, dimana bangunan bersifat tertutup terhadap pengaruh kondisi lingkungan luar. Kondisi ini hanya mungkin berfungsi bila menggunakan peralatan pengudaran mekanis. Dalam penelitian ini, bangunan masjid tidak diasumsikan berdinding kaca semua, melainkan berdinding setebal 80cm dan tanpa bukaan dan tanpa peralatan pengudaraan mekanis. Untuk menggambarkan kondisi thermal bangunan bila tanpa bukaan dilakukan analisis secara kualitatif melalui perhitungan dengan menggunakan asumsi.



Gambar 5.9. Kondisi C

Asumsi pertama adalah bahwa temperatur permukaan dinding yang dipakai adalah temperatur permukaan dinding dalam Masjid Agung Demak sesuai data dari pengukuran tanggal 21 Mei 2003. Data temperatur permukaan dinding dalam akan digunakan untuk mencari nilai MRT untuk tiap jam pengukuran. Perhitungan MRT ini tidak disertai perhitungan akumulasi panas ruangan.

Asumsi kedua adalah kelembaban di dalam ruangan sama dengan kelembaban pada ruang shalat utama pada kondisi B. Perhitungan kelembaban tidak disertai perhitungan akumulasi kelembaban.

Asumsi ketiga adalah bahwa tidak terjadi pergerakan udara di dalam ruangan.

1. MRT

Dinding	Jam						Rata-rata MRT
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
Utara	31,83	32	32	32	32	32	
Timur	31	31	32	32	32	32	
Selatan	31	31	32	32	32	32	
Barat	31	31	32	33	32	32	
MRT	31,21211	31,25556	32	32,24444	32	32	31,78535

Tabel 29

2. Kondisi thermal

Kondisi C	Jam					
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00
MRT (°C)	31,21	31,26	32	32,24	32	32
Pergerakan udara (m/ dt)	0	0	0	0	0	0
Kelembaban udara (%) (tabel 2, titik ukur 6)	68	62,8	58,8	59,2	55,3	61,1
Temperatur lembab (°C)	26,3	25,3	25,3	25,5	24,6	25,7
Temperatur Efektif (°C E.T.). Dicari dengan diagram E.T.	28,39	27,85	28,15	28,32	27,7	28,35
Kebutuhan pergerakan udara (m/ dt). Dicari dengan diagram <i>Comfort Zone</i> .	3,4	2,2	2,2	2,4	1,6	2,3

Tabel 30

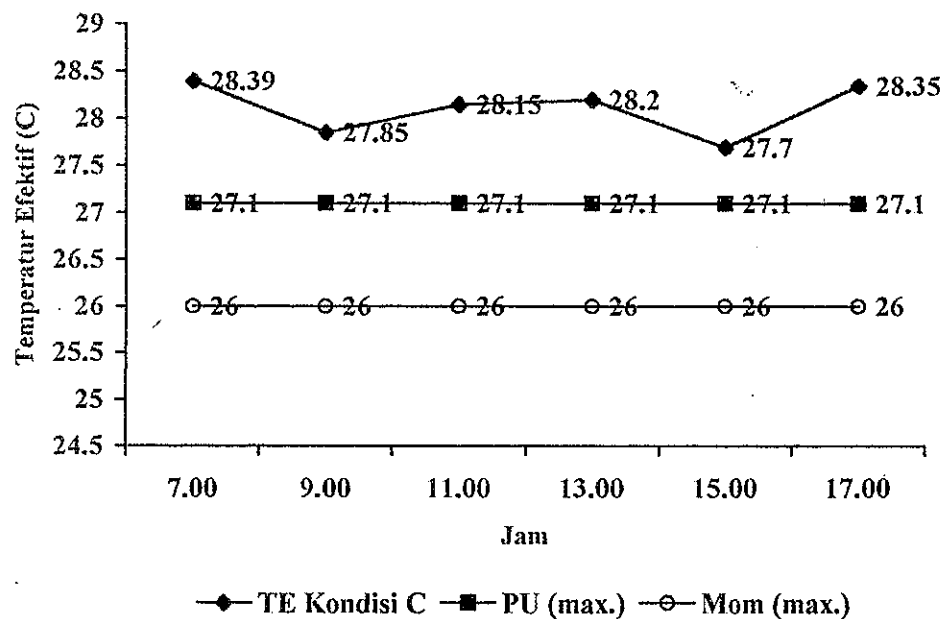
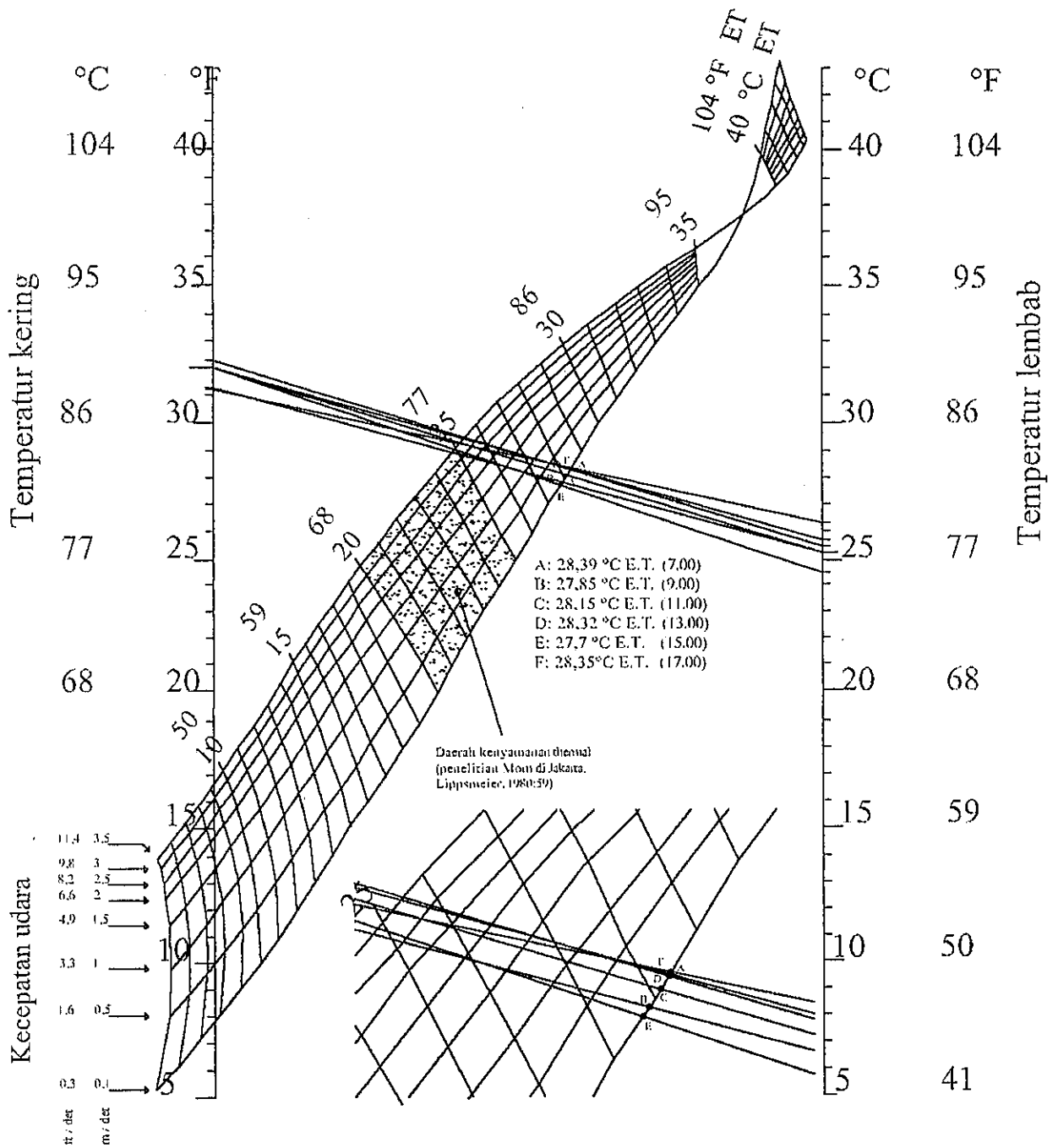
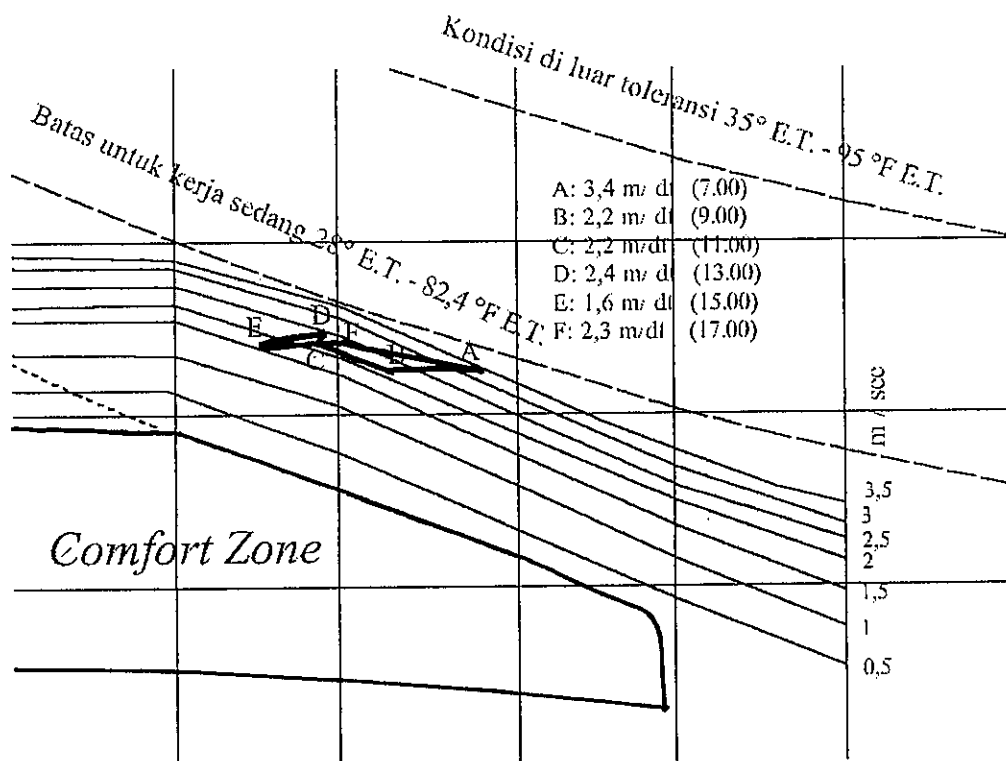
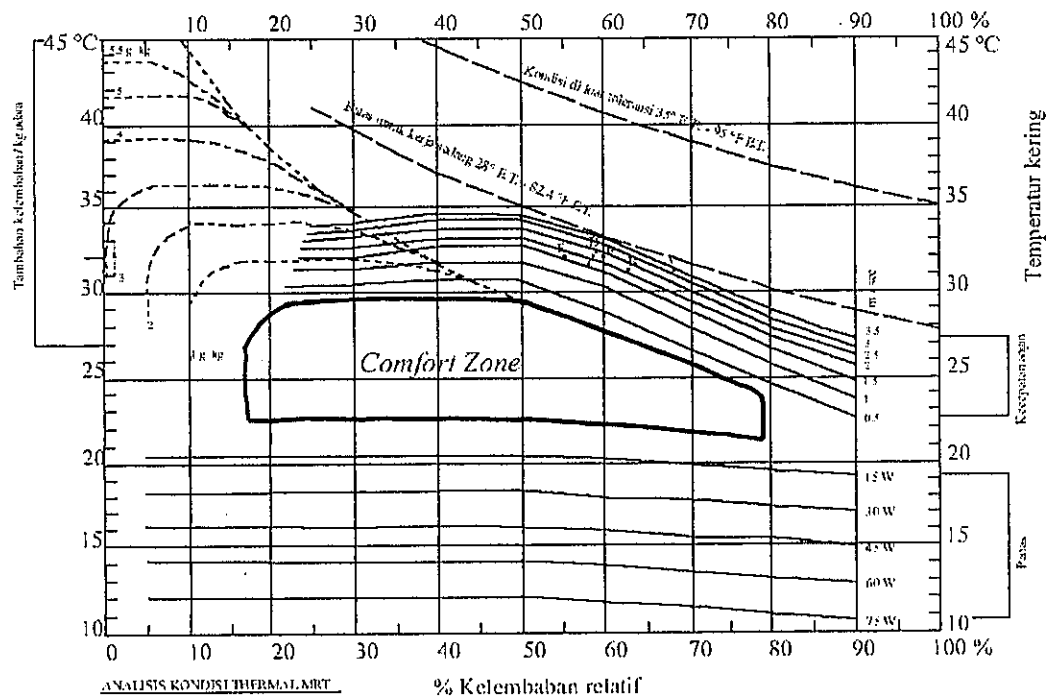


Diagram 5.16. TE Kondisi C (MRT)





Diaram 5.18. Analisis *Comfort Zone* untuk Kondisi C (MRT)

Sumber: Peneliti, data pengukuran: 21 Mei 2003

UPT-PUSTAKA UNDI

D. Signifikansi Dinding dan Bukaannya

1. Persentase peningkatan temperatur tiap kondisi waktu pengukuran.

Tujuan dari analisis ini adalah untuk membandingkan secara kualitatif antar kondisi, sehingga dapat terlihat kondisi mana yang paling baik.

Kondisi	Temp. Efektif (°C)						Rata-rata TE (°C)	Keterangan
	Jam							
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00		
A (serambi)	25	26,5	27,95	27,6	28	27,4	27,075	
B (ruang shalat utama)	26,6	28	28	28,4	28,2	28,3	27,91667	
C (MRT)	28,39	27,85	28,15	28,32	27,7	28,35	28,12667	
B:A (%)	6,4	5,660377	0,178891	2,898551	0,714286	3,284672	3,108649	Lebih tinggi
C:B (%)	6,729323	-0,5357	0,535714	-0,2817	-1,773	0,176678	0,752239	Lebih tinggi
C:A (%)	13,56	5,09434	0,715564	2,608696	-1,0714	3,467153	3,884272	Lebih tinggi

Tabel 31

Tanda '-' menunjukkan bahwa temperatur efektif kondisi 3 lebih rendah dibandingkan kondisi 2 dan kondisi 3.

Berdasarkan tabel 31 terlihat bahwa secara umum Kondisi B lebih panas dibandingkan Kondisi A, yaitu 3,11% lebih panas. Kondisi C lebih panas 0,75% dibandingkan Kondisi B dan 3,88% lebih panas dibandingkan Kondisi A. Ini menunjukkan bahwa dinding mempengaruhi kondisi thermal yang dalam hal ini menjadikan bangunan menjadi lebih panas.

Kondisi B dan kondisi C nyaris mempunyai kondisi thermal yang sama. Penyebab dari kondisi tersebut adalah tidak optimalnya peran bukaan dinding dalam 'memasukan' angin ke dalam ruang shalat utama. Mengingat arah datangnya angin dari arah timur, justru pada fasade timur semua bukaan (2 jendela dan 3 pintu) ditutup, baru pada jam 11.00 satu pintu (P3) dibuka

tetapi kondisi ini juga tidak cukup untuk menciptakan pergerakan udara yang memadai (lihat tabel 27, hal.118).

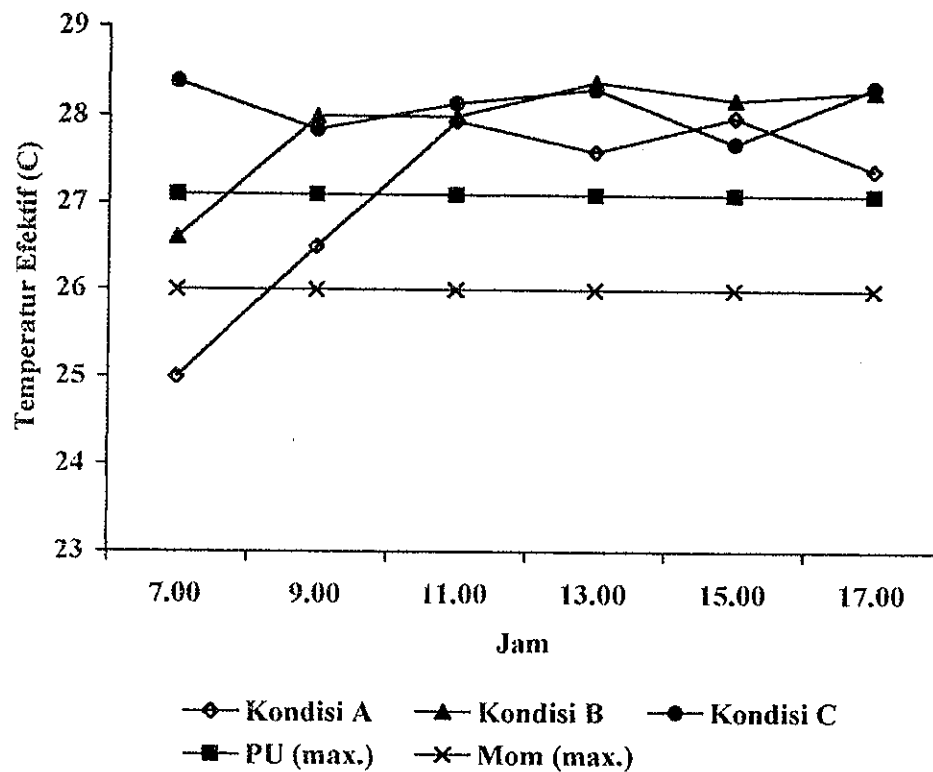


Diagram 5.19. Perbandingan TE dari Kondisi A,B, dan C

Bila diasumsikan bahwa terjadi akumulasi panas dan kelembaban pada Kondisi C maka kondisi temperatur efektif (Kondisi C) setelah jam 7.00 akan mengalami kenaikan (peningkatan kelembaban relatif akan menyebabkan peningkatan temperatur basah yang kemudian akan berdampak pada peningkatan temperatur efektif). Dengan asumsi terjadi peningkatan temperatur sebesar 0,1 °C TE setiap 2 jam, maka secara diagram perbandingan kondisi thermal ketiga kondisi menjadi seperti terlihat pada diagram 5.20.

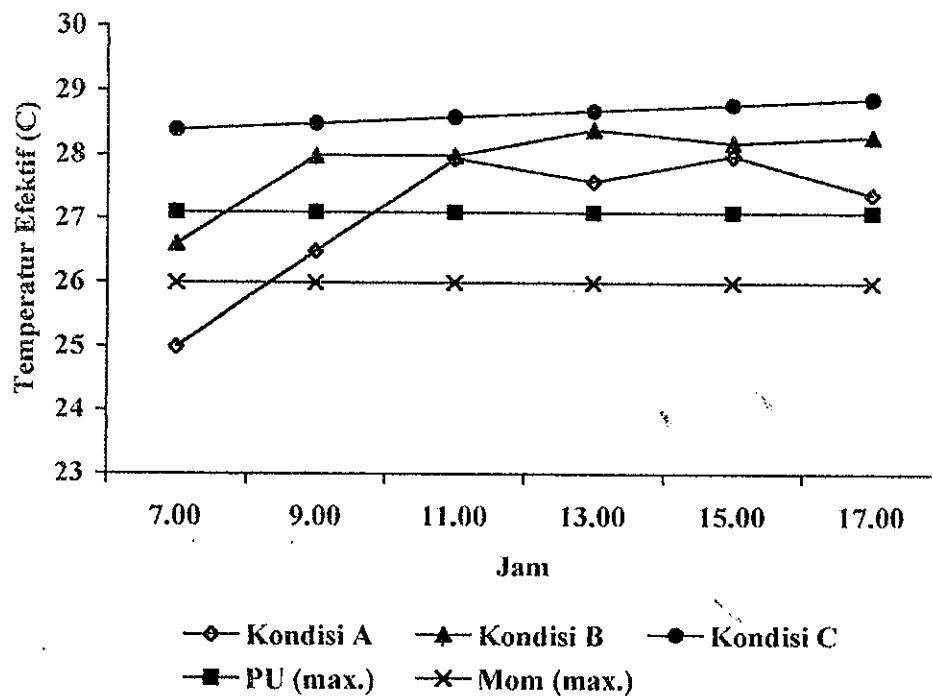


Diagram 5.20. Perbandingan TE dari Kondisi A,B, dan C (koreksi)

Maka Persentase peningkatan temperatur tiap kondisi waktu pengukuran akan menjadi:

Kondisi	Temp. Efektif (°C)						Rata-rata TE (°C)	Keterangan
	Jam							
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00		
A (serambi)	25	26,5	27,95	27,6	28	27,4	27,075	
B (ruang shalat utama)	26,6	28	28	28,4	28,2	28,3	27,91667	
C (MRT)	28,39	28,49	28,59	28,69	28,79	28,89	28,64	
B:A	6,4	5,660377	0,178891	2,898551	0,714286	3,284672	3,108649	Lebih tinggi
C:B	6,729323	1,75	2,107143	1,0211	2,0922	2,084806	2,591045	Lebih tinggi
C:A	13,56	7,509434	2,289803	3,949275	2,8214	5,437956	5,78024	Lebih tinggi

Tabel 32

Berdasarkan diagram 5.20 dan tabel 32 terlihat bahwa bila akumulasi panas dan kelembaban diperhitungkan maka pada Kondisi C terjadi

peningkatan panas 2,6% dibandingkan Kondisi B dan 5,8% bila dibandingkan Kondisi A.

2. Analisis signifikansi

Analisis signifikansi perbedaan temperatur efektif antar kondisi dilakukan dengan menggunakan uji peringkat-bertanda Wilcoxon untuk dua sampel berhubungan.

Kondisi	Temperatur Efektif (°C)						Rata-rata
	Jam						
	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	
A (serambi)	25	26,5	27,95	27,6	28	27,4	27,075
B (ruang shalat utama)	26,6	28	28	28,4	28,2	28,3	27,91667
C (MRT)	28,39	27,85	28,15	28,32	27,7	28,35	28,12667

Tabel 33

Berdasarkan tabel 33 akan dilakukan analisis signifikansi Kondisi A terhadap Kondisi B, signifikansi Kondisi B terhadap Kondisi C dan signifikansi Kondisi A terhadap Kondisi C. Pembandingan dilakukan dengan menggunakan data temperatur efektif pada masing-masing Kondisi.

- Signifikansi Kondisi A terhadap Kondisi B, dalam hal ini akan dibandingkan kondisi bangunan tanpa dinding yang diwakili serambi (Kondisi A) dengan kondisi bangunan dengan dinding dan bukaan yang diwakili ruang shalat utama (Kondisi B).
- Signifikansi Kondisi B dengan Kondisi C, dalam hal ini akan dibandingkan kondisi bangunan dengan dinding dan bukaan yang diwakili ruang shalat utama (Kondisi B) dengan bangunan tanpa bukaan (seluruhnya dinding; Kondisi C).
- Signifikansi Kondisi A dengan Kondisi C, dalam hal ini akan dibandingkan Kondisi bangunan tanpa dinding diwakili serambi

(kondisi A) dengan bangunan tanpa bukaan (seluruhnya dinding; Kondisi C).

Uji peringkat-berhubungan Wilcoxon merupakan perhitungan statistik untuk membandingkan dua sampel (dengan subyek yang sama namun mengalami dua perlakuan yang berbeda) yang berhubungan. Tujuan dari analisis ini adalah untuk melihat signifikansi perbedaan temperatur efektif antar kondisi. Bila terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan antar dua kondisi yang dibandingkan maka berarti dinding dan bukaan dinding berperan secara signifikan dalam mempengaruhi kondisi thermal.

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
KON_B	6	27,9167	,66458	26,60	28,40
KON_C	6	28,1267	,28835	27,70	28,39
KON_A	6	27,0750	1,15228	25,00	28,00

Tabel 34

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
KON_A - KON_B	Negative Ranks	6 ^a	3,50	21,00
	Positive Ranks	0 ^b	,00	,00
	Ties	0 ^c		
	Total	6		
KON_B - KON_C	Negative Ranks	3 ^d	3,50	10,50
	Positive Ranks	3 ^e	3,50	10,50
	Ties	0 ^f		
	Total	6		
KON_A - KON_C	Negative Ranks	5 ^g	3,80	19,00
	Positive Ranks	1 ^h	2,00	2,00
	Ties	0 ⁱ		
	Total	6		

- a. KON_A < KON_B
- b. KON_A > KON_B
- c. KON_B = KON_A
- d. KON_B < KON_C
- e. KON_B > KON_C
- f. KON_C = KON_B
- g. KON_A < KON_C
- h. KON_A > KON_C
- i. KON_C = KON_A

Tabel 35

Test Statistics^a

	KON_A - KON_B	KON_B - KON_C	KON_A - KON_C
Z	-2,201 ^a	,000 ^b	-1,782 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,028	1,000	,075

a. Based on positive ranks.

b. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

c. Wilcoxon Signed Ranks Test

Tabel 36

Hipotesis:

- Ho: Kedua rata-rata populasi adalah identik (rata-rata populasi temperatur efektif Kondisi A dengan B, atau Kondisi B dengan C, atau Kondisi A dengan C, adalah sama/ tidak berbeda secara nyata).
- Hi: Kedua rata-rata populasi adalah tidak identik (rata-rata populasi temperatur efektif Kondisi A dengan B, atau Kondisi B dengan C, atau kondisi A dengan C, adalah tidak sama/ berbeda secara nyata).

1) Analisis berdasarkan nilai Z adalah:

a) Pengambilan keputusan berdasarkan nilai Z:

- Jika statistik hitung (angka *output* Z; SPSS r11) > statistik tabel (tabel Z) maka Ho ditolak.
- Jika statistik hitung (angka *output* t; SPSS r11) < statistik tabel (tabel Z) maka Ho diterima.

Statistik tabel bisa dihitung pada tabel Z yaitu pada $\alpha = 0,05$, maka luas kurva normal adalah $50\% - 5\% = 45\%$ atau 0,45 didapat angka Z tabel adalah $\pm 1,645$ (penggunaan tanda sesuai nilai Z *output*).

b) Kesimpulan:

Statistik tabel Z = $\pm 1,645$ dan statistik hitung (angka Z *output*; SPSS r11);

- Kondisi A dibandingkan Kondisi B = - 2,201
- Kondisi B dibandingkan Kondisi C = 0

- Kondisi A dibandingkan Kondisi C = -1,782

Sehingga:

- Kondisi A dibandingkan Kondisi B: $-2,201 > -1,645$ artinya *Ho ditolak* atau *terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan*.
- Kondisi B dibandingkan Kondisi C: $0 < 1,645$ artinya *Ho diterima* atau *tidak terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan*.
- Kondisi A dibandingkan Kondisi C: $-1,782 > -1,645$ artinya *Ho ditolak* atau *terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan*.

2) Analisis berdasarkan Asymp. Sig. (2-tailed):

a) Pengambilan keputusan berdasarkan nilai Z:

- Jika probabilitas $> 0,05$ maka *Ho diterima*.
- Jika probabilitas $< 0,05$ maka *Ho ditolak*.

Karena merupakan uji satu sisi, maka probabilitas yang tertera pada output harus dibagi 2.

b) Kesimpulan:

Probabilitas *output*; SPSS r11:

- Kondisi A dibandingkan kondisi 2 = 0,028
- Kondisi B dibandingkan kondisi 3 = 1
- Kondisi C dibandingkan kondisi 3 = 0,075

Sehingga:

- Kondisi A dibandingkan kondisi B: $0,028 \times 0,5 < 0,05$ artinya *Ho ditolak* atau *terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan*.
- Kondisi B dibandingkan kondisi C: $1 \times 0,5 > 0,05$ artinya *Ho diterima* atau *tidak terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan*.
- Kondisi A dibandingkan kondisi C: $0,075 \times 0,5 < 0,05$ artinya *Ho ditolak* atau *terjadi perbedaan temperatur efektif yang signifikan*.

3) Kesimpulan

Dari kedua analisis di atas (berdasarkan nilai Z dan Asymp. Sig.) dapat diambil kesimpulan yang sama bahwa:

- H_0 ditolak pada perbandingan Kondisi A terhadap Kondisi B dan pada perbandingan Kondisi A terhadap Kondisi C. Sehingga disimpulkan bahwa kedua kondisi adalah berbeda secara nyata/ signifikan, yang berarti '*Dinding dan bukaan dinding signifikan dalam mempengaruhi kondisi thermal (menjadi lebih panas/ tidak nyaman) pada ruang shalat utama.*'
- H_0 diterima pada perbandingan Kondisi B terhadap Kondisi C. Sehingga disimpulkan bahwa kedua kondisi adalah tidak berbeda secara nyata/ signifikan, yang berarti '*Bangunan tanpa bukaan (seluruhnya dinding) tidak signifikan dalam mempengaruhi kondisi thermal (menjadi lebih panas/ tidak nyaman).*'

E. Kesimpulan Uji Hipotesis Tiga

1. Berdasarkan persentase 'kondisi lebih panas' maka terlihat bahwa Kondisi thermal C hanya menjadi 0,8% lebih tinggi dibandingkan Kondisi B. Sedangkan bila dibandingkan Kondisi A, maka Kondisi C adalah 3,9% lebih tinggi.
2. Berdasarkan analisis Wilcoxon juga terlihat bahwa terjadi perbedaan kondisi thermal yang signifikan antara Kondisi A dengan Kondisi B dan Kondisi A dengan Kondisi C, dimana kondisi thermal B dan C lebih tinggi dibandingkan Kondisi A. Hal ini menunjukkan bahwa '*dinding berpengaruh negatif terhadap kondisi thermal ruang shalat utama.*'
3. Berdasarkan persentase 'kondisi lebih panas' dan analisis Wilcoxon, terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara Kondisi B dengan Kondisi C. Peneliti melihat bahwa variabel paling berpengaruh yang menyebabkan terjadinya kondisi ini adalah variabel pergerakan udara (angin). Pada kedua kondisi tersebut pergerakan udara pada ruang shalat utama nyaris sama. Hal lain yang mempengaruhi tidak

signifikannya perbedaan kondisi thermal A dengan Kondisi B adalah tidak dihitungnya akumulasi panas dan kelembaban dalam perhitungan Kondisi C, jika faktor akumulasi panas dan kelembaban ikut dihitung maka hasil analisis akan menunjukkan perbedaan kondisi thermal yang signifikan.

4. Tidak terjadinya kenyamanan thermal secara terus menerus pada Kondisi B menunjukkan bahwa '*tidak terjadi kenyamanan thermal pada ruang shalat utama Masjid Agung Demak*'.
5. Tidak terjadinya pergerakan udara (angin) yang memadai untuk terciptanya kenyamanan thermal pada Kondisi B (bangunan dengan dinding dan bukaan dinding) menunjukkan bahwa adanya bukaan dinding belum menjamin akan tercipta kondisi kenyamanan thermal. Dalam kasus Masjid Agung Demak, penyebab dari tidak terjadinya pergerakan udara yang optimal pada ruang shalat utama adalah tidak dibukannya bukaan (dalam hal ini jendela-jendela dan pintu pada fasade timur) pada arah datangnya angin.
6. Kondisi A yang mewakili kondisi bangunan tanpa dinding (bukaan semua) juga tidak dapat menciptakan thermal secara terus menerus. Tingginya temperatur udara mengakibatkan dibutuhkan pergerakan udara yang semakin cepat untuk dapat tercipta kenyamanan thermal.

BAB VI

KESIMPULAN dan SARAN

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap hasil penelitian mengenai peranan dinding dan bukaan dinding terhadap kondisi thermal di dalam ruang shalat utama Masjid Agung Demak didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis uji hipotesis satu, terbukti bahwa perubahan kondisi lingkungan berpengaruh terhadap kondisi di dalam bangunan. Hal ini terutama teramati melalui perubahan temperatur lingkungan yang diikuti dengan perubahan temperatur di dalam bangunan.
2. Uji hipotesis dua menunjukkan bahwa terjadi variasi perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dinding dalam bergantung kepada arah orientasi dinding. Uji hipotesis dua juga menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan temperatur permukaan dinding yang berarti antara dinding dengan lapisan tegel porselin dengan dinding tanpa lapisan tegel porselin. Ketebalan dinding dan *time lag* yang lama menjadi penyebab kondisi ini. Dan uji hipotesis dua menunjukkan *Time lag* dinding masjid adalah lebih dari 6 jam.
3. Uji hipotesis tiga menunjukkan bahwa ruang shalat utama (Kondisi B) mempunyai kondisi thermal 3,1% lebih tinggi dibandingkan kondisi thermal serambi (Kondisi A). Sedangkan kondisi bangunan tanpa bukaan (Kondisi C) mempunyai kondisi thermal 3,9 % lebih tinggi dibandingkan kondisi thermal serambi (Kondisi A), dan 0,8% lebih tinggi dibandingkan ruang shalat utama.
4. Secara umum '*ruang shalat utama Masjid Agung Demak tidak nyaman secara thermal*'.

5. Kondisi B (mewakili bangunan dengan dinding dan bukaan dinding) yang lebih buruk dibandingkan Kondisi A (mewakili bangunan tanpa dinding) menunjukkan bahwa '*dinding berpengaruh negatif terhadap kondisi thermal ruang shalat utama*'.
6. Variabel pergerakan udara merupakan variabel yang sangat berpengaruh dalam terwujudnya kenyamanan thermal. Peningkatan kecepatan pergerakan udara di dalam ruang shalat utama akan mengakibatkan perbaikan temperatur efektif, yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap kenyamanan thermal ruangan.
7. Keberadaan bukaan dinding dalam bentuk pintu dan jendela merupakan suatu hal yang perlu pada bangunan, yaitu sebagai pemberi udara segar (O_2), sirkulasi udara panas dan kelembaban, dan sebagai 'alat pendingin' tubuh. Pada Masjid Agung Demak bukaan dinding kurang difungsikan secara optimal (tidak dibukanya jendela dan pintu pada arah datangnya angin) sehingga tidak dapat dicapai kenyamanan thermal yang lebih baik.
8. Dinding Masjid Agung Demak mempunyai dua peran. Pertama, ketebalan dan material dinding menyebabkan *time lag* yang lama sehingga pada siang hari perbedaan temperatur permukaan dinding luar dengan dalam cenderung stabil dan dapat mencapai $5^{\circ}C$. Stabilitasnya temperatur permukaan dinding dalam menyebabkan dinding berperan mempertahankan besarnya 'sumbangan' panas pada temperatur ruang atau bisa dikatakan berperan mengurangi 'sumbangan' panas (karena temperatur permukaan dinding tidak selalu meningkat seiring meningkatnya temperatur lingkungan). Kedua dinding berperan negatif terhadap kondisi thermal ruangan, yaitu menghalangi pergerakan angin (udara) dari lingkungan ke dalam bangunan.
9. *Time lag* dinding yang lama pada Masjid Agung Demak merupakan hal yang menguntungkan, karena hal ini menjadikan kondisi temperatur ruang shalat utama menjadi relatif tidak panas pada siang hari dimana banyak kegiatan ibadah berlangsung. Sedangkan pelepasan panas pada

malam hari dinilai tidak merugikan karena pada masa tersebut nyaris tidak ada kegiatan ibadah.

10. Uji hipotesisi tiga membuktikan dan mempertegas pentingnya bukaan pada bangunan. Kondisi serambi yang nyaris tanpa dinding menunjukkan kondisi thermal yang paling baik, hal ini disebabkan karena terjadinya pergerakan udara yang paling baik dibandingkan kondisi ruang shalat utama dan bangunan tanpa bukaan. Meskipun demikian, bukaan bukanlah satu-satunya standar kenyamanan yang harus dipertimbangkan pada suatu bangunan. Privasi terhadap pandangan, suara, dan perlindungan terhadap kejahatan (pencuri) dan kondisi lingkungan yang ekstrim (hujan deras, angin sangat kencang, debu, dan lainnya) menyebabkan bangunan harus mempunyai pelindung pada seluruh sisinya.

6.2. SARAN dan REKOMENDASI

1. Rekomendasi dari penelitian ini adalah optimalisasi bukaan dinding (jendela-jendela, terutama pada sisi timur) Masjid Agung Demak, yaitu dengan membuka semua jendela dan pintu pada semua sisi bangunan sehingga memungkinkan pergerakan udara dan sirkulasi udara yang lebih baik.
2. Peneliti juga merekomendasikan penggunaan dinding yang mempunyai *time lag* lama (umumnya dinding yang tebal) pada bangunan-bangunan umum yang hanya mempunyai kegiatan pada siang hari.
3. Untuk penelitian pada Masjid Agung Demak di kesempatan lainnya, peneliti harus dapat mensiasati keterbatasan waktu penelitian (hanya sampai jam 17.00) karena mulai digunakannya pencahayaan buatan (elektrik) sebagai penerangan pada ruang shalat utama. Pada penelitian berikutnya peneliti harus siap dalam mengusahakan pencahayaan buatan sebagai pengganti penerangan elektrik yang harus dimatikan. Masalah

menejemen terhadap waktu kunjungan, yang hanya samapi jam 20.00, juga harus dapat dinegosiasikan dengan lebih jeli dan tepat.

4. Penelitian pada Masjid Agung Demak masih dapat diperdalam dengan memfokuskan penelitian hanya pada masalah peran bukaan, yaitu meneliti bagaimana pengaruh buka-tutup bukaan terhadap kondisi thermal pada ruang shalat utama sehingga dapat diketahui pada 'format' buka-tutup bukaan yang bagaimana yang memungkinkan kondisi thermal yang paling baik.
5. Penelitian ini tidak menguji apakah pemakai bangunan (orang yang melakukan kegiatan shalat) merasakan nyaman atau tidak. Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat diuji kembali apakah tidak terciptanya kenyamanan thermal pada ruang shalat utama Masjid Agung Demak pada penelitian ini akan sama dengan apa yang dirasakan para pemakai bangunan. Sehingga dapat diketahui apakah kondisi fisik bangunan atau psikologis pemakai yang menentukan nyaman atau tidaknya ruang shalat utama Masjid Agung Demak.

BIBLIOGRAFI

Budi, Bambang S. Pengantar Sejarah Perkembangan Arsitektur Masjid di Jawa. Tim Masjid2000 Lt. Basement Gedung Labtek IXB ITB. Us@masjid2000.org.

Boutet, Terry S. Controlling Air Movement. McGraw-Hill Book Company 1987.

Data Klimatologi Stasiun Klimatologi Semarang Tahun 2000.

Data Klimatologi Stasiun Klimatologi Semarang Tahun 2003.

Egan, David. Concepts in Thermal Comfort. Prentice-Hall Inc. Enlewood Cliffs. New Jersey 1975.

Fry, Maxwell and Drew, Jane. Tropical Architecture in the Humid Zone. B. T. Batsford. London 1956.

Lippsmeier, Georg. Bangunan Tropis. Penerbit Erlangga 1994.

Lippsmeier, Georg. Building in the Tropics. Callwey Verlag Munchen 1980

Isnaeni, Hendrajaya. The Javanese Mosque 'A Regional Interpretation of Form and Mystical Concepts'. Faculty of Architecture, Building and Planning, University of Melbourne 1996

Ismudiyanto dan Atmadi, Parmono. Demak, Kudus, and Jepara Mosque: A Study of Architectural Syncretism. Gadjah Mada University 1987.

Wiranto. Cakrawala Arsitektur. Badan Penerbit Universitas Diponegoro 1997.

Kabupaten Demak Dalam Angka Tahun 2000, BPS Kabupaten Demak.

Yeang, Ken. Tropical Urban Regionalism. Concept Media Pte. Ltd 1987.

Koenigsberger. Manual of Tropical Housing and Building. Orient Longman Ltd. 1975.

Muhadjir, Noeng. Metodologi Penelitian Kualitatif. Rake Sarasin 2000.

Powell, Robert. Ken Yeang: Rethinking the Environmental Filter. Landmark Books Pte Ltd. 1989.

Santoso, Singgih. SPSS Mengolah Data Statistik secara Profesional. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta 1999.

Soetiadji, Setyo. Anatomi Tampak. Penerbit Djambatan 1986.

Sumalyo, Yulianto. Arsitektur Masjid dan Monumen Sejarah Muslim. Gajah Mada University Press 2000.

Studi Teknis Konservasi Masjid Agung Demak. Suaka Peninggalan Sejarah dan Purbakala Propinsi Jawa Tengah, 2000.

Szokolay, S V. Environmental Science Handbook. The Construction Press. Lanchester, England 1980.

Tata Rencana Perencanaan Teknis Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum. Yayasan LPM, 1993.